

Филиал БНТУ
«Минский государственный политехнический колледж»

Электронное учебно-методическое пособие
по учебной дисциплине
**«Технология и оборудование сборки и монтажа
интегральных микросхем»**
для специальности 2-41 01 31 «Микроэлектроника»

Минск 2019

Автор:
Брынова С.М.

Рецензенты:
Юхновец С.В., преподаватель филиала БНТУ «Минский государственный политехнический колледж»

Щербакова Е.Н., доцент кафедры «Микро- и нанотехника» Белорусского национального технического университета, канд.физ.-мат.наук, доцент

Учебно-методическое пособие предназначено для самостоятельного и дистанционного изучения учебной дисциплины «Технология и оборудование сборки и монтажа интегральных микросхем» учащимися специальности 2-41 01 31 «Микроэлектроника». В учебно-методическом пособии представлен теоретический материал, а также материал, обеспечивающий контроль знаний для проведения самоконтроля, текущей и итоговой аттестации.

Белорусский национальный технический университет.
Филиал БНТУ «Минский государственный политехнический колледж».
пр - т Независимости, 85, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: (017) 292-13-42 Факс: 292-13-42
E-mail: mgpk@bntu.by, mgpkby@mail.ru
<http://www.mgpk.bntu.by/>
Регистрационный № ЭИ БНТУ/МГПК – 104.2019

© БНТУ, 2019
© Брынова С.М., 2019

Содержание

Пояснительная записка

Выписка из типового учебного плана

Междисциплинарные связи

Учебная программа учебной дисциплины

Тематический план

Содержание учебной программы

Критерии оценки результатов учебной деятельности учащихся

Перечень существенных и несущественных ошибок

Перечень разделов и тем учебной программы

Теоретический материал по темам учебной программы

Введение

Раздел 1 Разделение пластин на кристаллы

Раздел 2 Методы сборки

Раздел 3 Монтаж кристаллов

Раздел 4 Присоединение электродных выводов

Раздел 5 Герметизация микросхем

Самоконтроль знаний

Примерный перечень вопросов к ОКР

Примерный перечень вопросов к экзамену

Перечень учебных изданий и информационно- аналитических материалов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электронное учебно-методическое пособие по учебной дисциплине «Технология и оборудование сборки и монтажа интегральных микросхем» может использоваться преподавателями и учащимися дневной формы получения образования для самостоятельного и дистанционного изучения материала учебной дисциплины «Технология и оборудование сборки и монтажа интегральных микросхем».

Программа учебной дисциплины «Технология и оборудования сборки и монтажа ИМС» предназначена для изучения учащимися технологического процесса сборки полупроводниковых приборов и ИМС, типового оборудования для проведения сборочных операций, совокупность которых обеспечивает монтаж полупроводниковых кристаллов в корпуса, на платы или отрезки лент, присоединение электродных выводов к контактным площадкам, а также герметизацию микросхем.

Изучение учебной дисциплины базируется на знаниях, полученных учащимися по учебной дисциплине «Технология производства микроэлектронных устройств», а также изучается одновременно с учебными дисциплинами «Технология и оборудование литографических процессов», «Технология и оборудования термических вакуумно-элюионных и плазмохимических процессов», «Расчет и конструирование МЭУ».

С целью закрепления теоретических знаний и приобретения учащимися необходимых практических навыков и умений предусматривается проведение лабораторно-практических работ.

Для лучшего усвоения учащимися программного материала целесообразно широко применять технические средства обучения, демонстрацию действующих моделей и стендов, натуральных образцов оборудования.

В результате изучения учебной дисциплины учащиеся должны знать:

- назначение технологических операций, последовательность их выполнения в соответствии с технологическим процессом;
- область применения и особенности каждого из методов технологических операций сборочного процесса;
- технологические режимы проведения операций;
- достоинства и недостатки каждого из методов технологических операций сборочного процесса;
- назначение, составные части и механизмы, принцип работы сборочного оборудования;
- основные технологические режимы работы оборудования и правила его обслуживания;
- требования к комплектующим, инструменту, оборудованию;
- виды дефектов, возникающих при выполнении сборочных операций, причины их появления, способы устранения;
- правила и требования, обеспечивающие безопасные условия труда.

Должны уметь:

- подготовить рабочее место и оборудование к работе;

- работать с технологической и сопроводительной документацией;
- выполнять технологические операции, входящие в процесс сборки;
- обеспечивать выполнение основных требований, предъявляемых к проведению каждой из технологических операций сборки;
- подбирать и устанавливать необходимые технологические режимы согласно технологической документации;
- проводить контроль и регулировку технологических режимов согласно технологической документации;
- проводить анализ качества, устанавливая причину появления дефектов;
- соблюдать безопасные условия труда.

По каждой теме определены цели ее изучения и спрогнозированы результаты их достижения в соответствии с уровнем усвоения учебного материала.

Выписка из типового учебного плана специальности

по специальности 2-41 01 31

«Микроэлектроника».

утвержденного Министерством образования Республики Беларусь №150Д/тип
от 15.07.2013 года

Учебная дисциплина «Технология и оборудование сборки и монтажа интегральных микросхем» изучается на протяжении двух семестров

Виды работ	Количество часов	Количество часов
	7 семестр обучения	8 семестр обучения
Всего часов	56	44
Из них: практических занятий	6	12
лабораторных работ	8	8
курсовое проектирование	-	-
Количество: тематических контрольных работ	-	-
обязательных контрольных работ	1	-
*домашних контрольных работ	-	-
Экзамен	-	1

Междисциплинарные связи

«Оборудование производства микроэлектронных устройств»

«Технология производства микроэлектронных устройств»

«Технология и оборудование термических вакуумно-электронных и плазмохимических процессов»

«Технология и оборудование литографических процессов»

«Материаловедение»

«Испытания и контроль качества микроэлектронных устройств»

«Расчет и проектирование микроэлектронных устройств»

Министерство образования Республики Беларусь
Филиал БНТУ
«Минский государственный политехнический колледж»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по учебной работе
А.М.Маслан

«_01_» __03____2012

УТВЕРЖДАЮ

Директор колледжа
Г.Д.Подгайский

«_05_» __04____2012

Технология и оборудование сборки и монтажа ИМС

Учебная программа по специальности
2-41 01 31 «Микроэлектроника»

Разработчик

С.М.Брынова

Рецензент

Л.К.Лаврова

Программа рассмотрена и рекомендована к
утверждению на:

-заседании цикловой комиссии спецдисциплин
специальностей 2-41 01 31, 2-53 01 01

Протокол №_5_ от «_15_» __12__2011

Председатель комиссии

_____ Т.Ф. Деревянко

- заседании экспертного методического совета

Протокол №_5_ от «_01_» __03__2012

Тематический план

Наименование разделов и тем	Количество часов		
	Всего	В том числе практических	В том числе лаб. работ
1	2	3	4
Введение	2		
1 Разделение пластин на кристаллы	16	2	4
1.1 Подготовка кристаллов к сборочным операциям	2	2	
1.2 Технология разделения пластин и подложек на кристаллы	6		
1.3 Оборудование для разделения пластин и подложек на кристаллы	8		4
2 Методы сборки	8		
2.1 Пайка	4		
2.2 Сварка	4		
3 Монтаж кристаллов	26	4	4
3.1 Технология монтажа кристаллов в корпуса (или на платы)	14	4	
3.2 Оборудование для монтажа кристаллов в корпуса (или на платы)	11		4
Обязательная контрольная работа № 1	1		
4 Присоединение электродных выводов	32	4	8
4.1 Методы беспроводного присоединения	4		
4.2 Присоединение электродных выводов методом термокомпрессионной сварки	10		4
4.3 Присоединение электродных выводов методом ультразвуковой сварки	14	4	4
4.4 Присоединение электродных выводов методом микроконтактной сварки	2		
4.5 Пайка электродных выводов	2		
5 Герметизация микросхем	16	8	
5.1 Технология и оборудование для корпусной герметизации микросхем	8	4	
5.2 Технология и оборудование для бескорпусной герметизации микросхем	7	4	
Всего	100	18	16

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Цель изучения темы	Содержание раздела, темы	Результат
Введение		
Сформировать представление о целях, задачах и предмете дисциплины, ее связи с другими дисциплинами, значением в системе подготовки техника-технолога. Дать понятие о технологическом процессе сборки, основных этапах сборочного процесса	Цели, задачи и содержание дисциплины, ее связь с другими учебными дисциплинами. Значение дисциплины в системе подготовки техника-технолога. Общие сведения о технологическом процессе сборки.	Высказывает общее суждение о целях, задачах и предмете дисциплины, ее связи с другими учебными дисциплинами, значение в системе подготовки техника-технолога, о технологическом процессе сборки, описывает основные этапы сборочного процесса.
Раздел 1 Разделение пластин на кристаллы		
Тема 1.1 Подготовка кристаллов к сборочным операциям		
Сформировать понятие о зондовом контроле электрических параметров полупроводниковых пластин. Сформировать знания о характеристике оборудования для проведения зондового контроля	Зондовый контроль электрических параметров полупроводниковых пластин. Характеристика оборудования для проведения зондового контроля: ЭМ-6010, ЭМ-6020, ЭМ-690.	Высказывает общее суждение о зондовом контроле электрических параметров полупроводниковых пластин. Дает характеристику оборудования для проведения зондового контроля.
Тема 1.2 Технология разделения пластин на кристаллы		
Дать понятие о скрайбировании и разрезании пластин на кристаллы. Сформировать представление о методах скрайбирования полупроводниковых пластин, их особенностях и областью применения. Сформировать знания о скрайбировании алмазным резцом, лазерное скрайбирование, дисковой резке, резке набором стальных полотен и проволокой, ультразвуковой резке, о сквозном разрезании пластин и разламывании пластин на кристаллы. Научить различать дефекты после разделения пластин.	Скрайбирование и разрезание пластин на кристаллы. Методы скрайбирования полупроводниковых пластин. Их особенности и область применения. Скрайбирование алмазным резцом, лазерное скрайбирование, дисковая резка, резка набором стальных полотен и проволокой, ультразвуковая резка. Сквозное разрезание пластин. Виды дефектов. Разламывание пластин на кристаллы после скрайбирования. Методы разламывания: ручное прокатывание валиком, прокатывание между двумя цилиндрическими валиками, разламывание на полусфере. Виды дефектов.	Описывает методы скрайбирования полупроводниковых пластин, их особенности и область применения. Поясняет скрайбирование алмазным резцом, лазерное скрайбирование, дисковую резку, резку набором стальных полотен и проволокой, ультразвуковую резку, сквозное разрезание пластин, виды дефектов, разламывание пластин на кристаллы после скрайбирования. Различает виды дефектов после разделения пластин

Цель изучения темы	Содержание раздела, темы	Результат
Практическая работа № 1		
Сформировать умения анализировать дефекты при разделении пластин на кристаллы	Анализ дефектов при разделении пластин на кристаллы.	Анализирует дефекты при разделении пластин, способы устранения дефектов
Тема 1.3 Оборудование для разделения пластин и подложек на кристаллы		
Сформировать понятие о характеристиках и основных узлах установок лазерного скрайбирования ЭМ- 220 и дисковой резки ЭМ-225. Изучить приемы безопасных условий труда при работе на установках разрезания пластин. Сформировать знания о контроле качества пластин после скрайбирования: видах брака, причинах его возникновения, о технических приемах контроля качества разламывания пластин о составе комплекса для разделения полупроводниковых пластин на кристаллы ЭМ-0201, об обеспечении безопасных условий труда.	<p>Характеристика и основные узлы установок лазерного скрайбирования ЭМ- 220 и дисковой резки ЭМ-225. Приемы безопасных условий труда при работе на установках разрезания пластин. Контроль качества пластин после скрайбирования: виды брака, причины его возникновения.</p> <p>Технические приемы и контроль качества разламывания пластин.</p> <p>Состав комплекса для разделения полупроводниковых пластин на кристаллы ЭМ-0201. Устройство и работа установки для формирования спутника-носителя с полупроводниковой пластиной ЭМ-2008, автомата дисковой резки ЭМ- 2005, автомата укладки годных кристаллов ЭМ-4018. Перспективное оборудование. Обеспечение безопасных условий труда.</p>	Описывает и характеризует основные узлы установки лазерного скрайбирования и дисковой резки, приемы безопасных условий труда при работе на установках. Объясняет методы проведения контроля качества после скрайбирования, виды брака, причины его возникновения. Поясняет состав комплекса для разделения полупроводниковых пластин на кристаллы ЭМ-0201, устройство и работу установок, входящих в состав комплекса. Высказывает суждение об обеспечении безопасных условий труда.
Лабораторная работа № 1		
Сформировать умения исследования влияние работы оборудования на качество проводимых операций	Исследование влияния работы оборудования для разделения пластин и подложек на кристаллы на качество проводимых операций	Исследует влияние работы оборудования на качество проводимых операций

Цель изучения темы	Содержание раздела, темы	Результат
Раздел 2 Методы сборки. Тема 2.1 Пайка		
Сформировать представление о характеристиках процесса пайки, смачиваемости и паяемости. Дать понятие о видах пайки, о припоях, флюсах, эвтектических сплавах. Сформировать знания о контроле качества паяных соединений.	Характеристика процесса пайки. Смачиваемость и паяемость. Виды пайки: капиллярная, диффузионная, контактно-реактивная. Припой, флюсы, эвтектические сплавы. Контроль качества паяных соединений.	Характеризует процесс пайки, виды пайки, припой, флюсы, эвтектические сплавы, объясняет способы контроля качества паяных соединений
Тема 2.1 Сварка и склеивание.		
Сформировать представление о характеристиках процесса сварки, о процессе склеивания. Дать понятие о видах сварки, общей характеристике клея и клеевых композиций.	Характеристика процесса сварки. Виды сварки. Склеивание. Характеристика процесса. Клей и клеевые композиции.	Высказывает общее суждение о процессе сварки и склеивания. Объясняет назначение, общую характеристику видов сварки, клея и клеевых композиций
Раздел 3 Монтаж кристаллов Тема 3.1 Технология монтажа кристаллов в корпуса (или на платы)		
Дать понятие о роли монтажа в технологическом процессе сборки полупроводниковых приборов и ИМС, о прогрессивных направлениях производства полупроводниковых приборов и ИМС. Сформировать понятие об основных методах монтажа кристаллов, сборке на ленте-носителе, их характеристиках, особенностях. Научить анализировать дефекты, возникающие при монтаже кристаллов, причины возникновения, способы устранения	Роль монтажа в технологическом процессе сборки полупроводниковых приборов и ИМС. Контактная пайка. Эвтектическая пайка. Крепление кристаллов и подложек методом приклеивания. Монтаж кристаллов пайкой стеклом, низкотемпературными припоями. Дефекты, возникающие при монтаже кристаллов в корпуса (или на платы), причины возникновения, способы устранения. Прогрессивные направления в производстве полупроводниковых приборов и ИМС. Сборка на ленте-носителе. Полиимидные и полиэфирные пленки. Последовательность сборки на ленте-носителе.	Высказывает общее суждение о роли монтажа в технологическом процессе сборки полупроводниковых приборов и ИМС, о прогрессивных направлениях в производстве полупроводниковых приборов и ИМС. Излагает порядок проведения технологического процесса монтажа кристаллов, последовательность сборки на ленте-носителе. Раскрывает сущность методов монтажа, их характеристики, особенности. Анализирует дефекты, причины возникновения, способы устранения

Цель изучения темы	Содержание раздела, темы	Результат
Практическая работа № 2		
Сформировать умения анализировать дефекты, возникающие при монтаже кристаллов	Анализ дефектов, возникающих при монтаже кристаллов	Анализирует дефекты при монтаже кристаллов, причины возникновения, способы устранения.
Обязательная контрольная работа № 1		
Тема 3.2 Оборудование для монтажа кристаллов.		
Дать понятие об основных сведениях об оборудовании для монтажа кристаллов в корпуса (или на платы). Сформировать понятие о назначении, основных узлах, принципе работы установок для монтажа кристаллов, о безопасных условиях труда при работе на оборудовании.	Основные сведения об оборудовании для монтажа кристаллов в корпуса (или на платы). Назначение, основные узлы, принцип работы установок ЭМ-4025, ЭМ-4075, ЭМ-4085, ЭМ-4105, ЭМ-4105-1. Перспективное оборудование. Безопасные условия труда при работе на оборудовании для монтажа кристаллов в корпуса.	Описывает и характеризует оборудование для монтажа кристаллов. Поясняет назначение, основные узлы, принцип работы установок для монтажа кристаллов. Высказывает суждение об обеспечении безопасных условий труда при работе на оборудовании.
Лабораторная работа № 2		
Сформировать умения исследования работы оборудования для монтажа кристаллов	Изучение работы оборудования для монтажа кристаллов	Исследует работу оборудования для монтажа кристаллов, режимы работы, назначение блоков и узлов.
Раздел 4 Присоединение электродных выводов		
Тема 4.1 Методы беспроводного присоединения (монтажа).		
Сформировать понятие о беспроводном монтаже кристаллов, методах беспроводного монтажа, о достоинствах и недостатках методов беспроводного монтажа.	Беспроволочный монтаж, монтаж перевернутого кристалла, монтаж кристаллов с балочными выводами. Монтаж «паучкового» крепления выводов. Достоинства и недостатки методов беспроводного монтажа.	Описывает и характеризует методы беспроводного монтажа, достоинства и недостатки методов беспроводного монтажа.
Тема 4.2 Присоединение электродных выводов методом термокомпрессионной сварки		

Цель изучения темы	Содержание раздела, темы	Результат
<p>Сформировать понятия о назначении выводов, о термокомпрессионной сварке. Сформировать знания о классификации термокомпрессии, об инструменте для термокомпрессионной сварки, о параметрах и разновидностях термокомпрессионной сварки, о видах брака, достоинствах и недостатках.</p>	<p>Назначение выводов. Общие сведения о термокомпрессионной сварке. Классификация термокомпрессии. Параметры (температура, давление, время воздействия) и разновидности термокомпрессионной сварки по способу нагрева, по типу образования соединения, обусловленного формой инструмента.</p> <p>Шариковая термокомпрессия; термокомпрессия клином, термокомпрессия сшиванием. Перспективные методы.</p> <p>Проволока и инструмент для электродных выводов при термокомпрессионной сварке.</p> <p>Виды брака. Достоинства и недостатки термокомпрессионной сварки.</p> <p>Назначение, основные узлы и принцип работы оборудования ЭМ-4030, ЭМ-4060 для термокомпрессионной сварки.</p>	<p>Описывает процесс проведения термокомпрессионной сварки, параметры процесса и методы ТКС, характеризует инструмент и оборудование для проведения процесса, принцип работы оборудования; определяет виды брака, достоинства и недостатки термокомпрессионной сварки</p>
Лабораторная работа № 3		
<p>Сформировать умение исследования работы оборудования для термокомпрессионной сварки</p>	<p>Изучение работы оборудования для термокомпрессионной сварки</p>	<p>Исследует работу оборудования для термокомпрессионной сварки, режимы работы, назначение блоков и узлов.</p>

Цель изучения темы	Содержание раздела, темы	Результат
Тема 4.3 Присоединение электродных выводов методом ультразвуковой сварки		
Сформировать понятие об ультразвуковой сварке, о параметрах и методах ультразвуковой сварки. Сформировать знания об инструменте и оборудовании для УЭС, видах брака, достоинствах и недостатках процесса ультразвуковой сварки.	Общие сведения об ультразвуковой сварке, параметры ультразвуковой сварки: амплитуда, частота ультразвуковых колебаний, контактное усилие, время сварки. УЭС с косвенным импульсным нагревом. Проволока и инструмент для электродных выводов при УЭС. Назначение, основные узлы и принцип работы оборудования ЭМ-4130, ЭМ-4020 для присоединения выводов методом УЭС. Виды брака при УЭС. Достоинства и недостатки УЭС. Перспективные методы присоединения выводов.	Описывает процесс проведения ультразвуковой сварки, параметры процесса и методы УЭС, характеризует инструмент и оборудование для проведения процесса, принцип работы оборудования; определяет виды брака, достоинства и недостатки ультразвуковой сварки.
Практическая работа № 3		
Сформировать умения анализировать дефекты, возникающие при присоединении выводов	Анализ дефектов, возникающих при присоединении выводов	Анализирует дефекты при присоединении выводов, причины возникновения, способы устранения.
Лабораторная работа № 4		
Сформировать умение исследования работы оборудования для ультразвуковой сварки	Изучение работы оборудования для ультразвуковой сварки.	Исследует работу оборудования для ультразвуковой сварки, режимы работы, назначение блоков и узлов
Тема 4.4 Присоединение электродных выводов методом микроконтактной сварки		
Сформировать знания о присоединении электродных выводов методом микроконтактной сварки, о параметрах процесса.	Характеристика процесса присоединения электродных выводов методом микроконтактной сварки. Параметры процесса.	Описывает процесс присоединения электродных выводов методом микроконтактной сварки, параметры процесса.
Тема 4.5 Пайка электродных выводов		
Сформировать знания о процессе пайки электродных выводов, о низкотемпературных припоях.	Требования к процессу пайки электродных выводов. Пайка в термических установках, паяльником, газовым паяльником. Низкотемпературные припой.	Характеризует процесс пайки электродных выводов, требования к процессу пайки, виды пайки, достоинство и недостатки.

Цель изучения темы	Содержание раздела, темы	Результат
Раздел 5 Герметизация микросхем		
Тема 5.1 Технология и оборудование для корпусной герметизации микросхем		
Сформировать понятия об основных видах корпусной герметизации, об оборудовании для корпусной герметизации, о видах брака при герметизации, о достоинствах и недостатках корпусной герметизации.	Основные сведения. Герметизация корпусов пайкой, холодной сваркой, контактной (электродконтантной) сваркой. Общая характеристика оборудования для корпусной герметизации полупроводниковых приборов и ИМС. Достоинство и недостатки. Виды и характер брака при корпусной герметизации. Герметизация корпусов аргоно-дуговой и микроплазменной сваркой. Герметизация лазерной сваркой. Достоинство и недостатки процесса корпусной герметизации.	Описывает порядок проведения герметизации корпусов, характеризует основные виды герметизации корпусов, оборудование для проведения герметизации, виды и характер брака при корпусной герметизации, способы устранения, достоинство и недостатки процесса.
Практическая работа № 4		
Сформировать умения анализа дефектов, возникающих при корпусной герметизации.	Анализ дефектов, возникающих при корпусной герметизации.	Анализирует дефекты при корпусной герметизации, причины возникновения и способы устранения.
Тема 5.2 Технология и оборудование для бескорпусной герметизации микросхем		
Сформировать понятия об основных видах бескорпусной герметизации, об оборудовании для бескорпусной герметизации, о видах брака при герметизации, о достоинствах и недостатках бескорпусной герметизации, о контроле герметичности корпусов.	Основные сведения о бескорпусной герметизации. Герметизация пластмассами, стеклом. Общая характеристика оборудования для герметизации пластмассами. Достоинство, недостатки. Виды и характер брака. Контроль герметичности корпусов.	Описывает порядок проведения бескорпусной герметизации, характеризует герметизацию пластмассами, стеклом, оборудование для проведения герметизации, виды и характер брака, способы устранения, достоинства и недостатки процесса, анализирует методы контроля герметичности.
Практическая работа № 5		
Сформировать умения анализа дефектов, возникающих при бескорпусной герметизации.	Анализ дефектов, возникающих при бескорпусной герметизации.	Анализирует дефекты при бескорпусной герметизации, причины возникновения и способы устранения.

**Критерии оценки
результатов учебной деятельности учащихся по учебной дисциплине**

Отметка в баллах	Показатели оценки
1 (один)	Узнавание отдельных объектов изучения программного учебного материала, предъявленных в готовом виде (операции проведения сборки и монтажа ИМС, материалы, применяемые для сборки ИМС)
2 (два)	Различение объектов изучения программного учебного материала, предъявленных в готовом виде (операции проведения сборки ИМС, различение отдельных несущественных признаков и второстепенных сведений об операциях сборки при предъявлении изделий в готовом виде, материалов, применяемых для их изготовления, и т. д.); осуществление соответствующих практических действий (выбор материалов для сборки интегральных схем, различение конструкций корпусов и т. д.)
3 (три)	Воспроизведение части программного материала по памяти (фрагментарный пересказ и перечисление особенностей сборочных операций, основных видов оборудования для сборки и монтажа ИМС, основных методов сборки и монтажа ИМС, материалов, применяемых для сборки, и т. д.); осуществление умственных и практических действий по образцу (выбор материала для сборки, выполнение простейших операций и т. д.)
4 (четыре)	Воспроизведение большей части программного учебного материала (описание с элементами объяснения особенностей основных конструктивных элементов оборудования для сборки и монтажа ИМС, описание основных видов пайки, сварки, основных методов монтажа кристаллов, методов присоединения выводов, герметизации кристаллов, материалов, применяемых для сборки, и т. д.); применение знаний в знакомой ситуации по образцу (выполнение простейших операций сборки и монтажа ИМС и т. д.); наличие единичных существенных ошибок.
5 (пять)	Осознанное воспроизведение большей части программного учебного материала (описание конструктивных элементов оборудования сборки и монтажа ИМС, характеристика процессов пайки, сварки, методов монтажа кристаллов, присоединения выводов, способов герметизации и контроля качества сборки и монтажа кристаллов и т. д.) применение знаний в знакомой ситуации по образцу (выполнение простых алгоритмов работы оборудования, операций сборки и монтажа и т. д.); наличие несущественных ошибок.

Отметка в баллах	Показатели оценки
6 (шесть)	Полное знание и осознанное воспроизведение всего программно-го учебного материала; владение программным учебным матери-алом в знакомой ситуации (описание и объяснение принципов и режимов работы оборудования, конструктивных особенностей оборудования сборки и монтажа ИМС, характеристика различ-ных методов сборки и монтажа ИМС, достоинств и недостатков каждого метода); наличие несущественных ошибок.
7 (семь)	Полное, прочное знание и воспроизведение программного учеб-ного материала; владение программным учебным материалом в знакомой ситуации (развернутое описание и объяснение назна-чение узлов и блоков оборудования для сборки и монтажа ИМС, методов сборки и монтажа ИМС, перспективных методов сбор-ки, способность анализа технологических процессов сборки и монтажа ИМС, формулирование выводов, и т. д.); наличие еди-ничных несущественных ошибок.
8 (восемь)	Полное, прочное, глубокое знание и воспроизведение программ-ного учебного материала; оперирование программным учебным материалом в знакомой ситуации (развернутое описание и объ-яснение конструктивных особенностей оборудования, техноло-гических процессов сборки ИМС, выбор методов сборки, анализ и обоснование выбора, формулирование выводов, разработка алгоритмов работы оборудования, и т. д.); наличие единичных несущественных ошибок.
9 (девять)	Полное, прочное, глубокое, системное знание программного учебного материала; оперирование программным учебным мате-риалом в частично измененной ситуации (применение знаний учебного материала при выборе и разработке техпроцессов сбор-ки и монтажа ИМС, определении причин возникновения дефек-тов и способов их устранения, самостоятельная разработка алго-ритмов управляющих программ и т. д.)
10 (десять)	Свободное оперирование программным учебным материалом; применение знаний и умений в незнакомой ситуации (самостоя-тельные действия по разработке техпроцессов сборки и монтажа ИМС, выбор оптимальных техпроцессов с целью повышения процента выхода годных изделий, повышения производи-тельности оборудования, экономии энергоресурсов и материалов. Раз-работка мероприятий по автоматизации процесса сборки и мон-тажа ИМС). Творческий подход к получению новых знаний из различных источников

**Перечень
существенных и несущественных ошибок
по учебной дисциплине «Технология оборудования сборки и
монтажа интегральных микросхем»
для специальности 2-41 01 31 «Микроэлектроника»**

Существенные ошибки:

В изложении теоретического материала:

- затруднения в изложении целей и задач технологии и оборудования С и М ИМС.
- затруднения в стандартном изложении основных терминов и определений в области технологии и оборудования С и М ИМС;
- ошибки в анализе стандартов и нормативных актов в области технологии и оборудования С и М ИМС;
- затруднения в объяснении концепции Единой системы технологической документации (ЕСТД);
- затруднения в объяснении целей и задач технологический процессов технологии и оборудования С и М ИМС;
- затруднения в изложении системы обозначения технологических документов;
- затруднения в объяснении последовательности технологических операций С и М ИМС;
- затруднения в изложении технических требований к оборудованию при С и М ИМС;
- затруднения в изложении методов С и М ИМС;
- затруднения в анализе характеристики технологий изготовления С и М ИМС;
- затруднения в анализе технологического процесса сборки, видов сборки;
- затруднения в анализе видов соединений при сборке;
- затруднения в изложении технологических методов пайки и сварки;
- ошибки при пояснении особенностей технологии С и М ИМС;
- затруднения в анализе технологических схем сборки, последовательности работ;
- затруднения в изложении порядка проведения монтажа и присоединения выводов;
- неполное изложение технических требований к оборудованию для С и М ИМС;
- неполное указание общих правил обеспечения качества С И М ИМС;
- неполное указание особенностей методов С и М ИМС; неполное - изложение методов пайки и сварки;
- неполное изложение видов соединений при сборке;
- неполное указание последовательности сборки ИМС

В изложении практического материала:

- несоблюдение нормативно-методических документов при выполнении работ;
- ошибки при выборе оптимального технологического процесса С и М ИМС;
- ошибки при определении дефектов после выполнения С и М ИМС ;
- ошибки при проведении выбора параметров выполнения операций С и М ИМС;
- затруднения при проведении разработки технологического процесса С и М ИМС;
- затруднения при проведении разработки технологической схемы сборки и монтажа ИМС;
- затруднения при проведении разработки технологического процесса сборки и монтажа ИМС;
- ошибки при проведении расчета параметров технологического процесса сборки и монтажа ИМС;
- затруднения при выборе технологического оборудования и оснастки;
- затруднения при оценивании полученных результатов во время выполнения практических работ;
- ошибки при выполнении схем С и М ИМС.
- наличие опечаток (менее 5);
- неточности в оформлении работ;
- применение нерационального способа решения производственных и технологических задач при выполнении работ;
- неполное изложение в отчете операций технологического процесса С и М ИМС;
- неполное изложение в отчете оснований выбора технологического оборудования и оснастки;
- наличие неточностей при проведении расчета параметров технологического процесса.

Несущественные ошибки:

В изложении теоретического материала:

- неполное указание целей и задач С и М ИМС;
- неполное изложение стандартов и нормативных актов в области С и М ИМС
- неполное изложение основных терминов и определений;
- неполное указание целей и задач технологических процессов С и М ИМС;
- неполное указание положений ЕСТД;
- неполное изложение порядка проведения технологических процессов

Перечень разделов и тем учебной программы

Введение

Раздел 1 Разделение пластин на кристаллы

Тема 1.1 Подготовка кристаллов к сборочным операциям

Тема 1.2 Технология разделения пластин и подложек на кристаллы

Тема 1.3 Оборудование для разделения пластин и подложек на кристаллы

Раздел 2 Методы сборки

Тема 2.1 Пайка

Тема 2.2 Сварка и приклеивание

Раздел 3 Монтаж кристаллов

Тема 3.1 Технология монтажа кристаллов в корпуса (или на платы)

Тема 3.2 Оборудование для монтажа кристаллов в корпуса (или на платы)

Раздел 4 Присоединение электродных выводов

Тема 4.1 Методы беспроводного присоединения

Тема 4.2 Присоединение электродных выводов методом термокомпрессионной сварки

Тема 4.3 Присоединение электродных выводов методом ультразвуковой сварки

Тема 4.4 Присоединение электродных выводов методом микроконтактной сварки

Тема 4.5 Пайка электродных выводов

Раздел 5 Герметизация микросхем

Тема 5.1 Технология и оборудование для корпусной герметизации микросхем

Тема 5.2 Технология и оборудование для корпусной герметизации микросхем

Введение

Сборка полупроводниковых приборов и интегральных микросхем является одним из наиболее ответственных технологических этапов в общем цикле их изготовления. Стабильность электрических параметров и надежность готовых полупроводниковых приборов и ИМС, чаще всего, зависят от качества сборочных операций.

Сборочные операции производства изделий в микроэлектронике занимают место между комплексом операций по созданию структур на полупроводниковой пластине и операциями по окончательному корпусированию изделий, образуя с последними комплекс финишных операций.

Сложность процесса сборки заключается в том, что приборы и ИМС имеют различные конструктивные особенности, которые требуют вполне определенных сборочных операций и режимов их проведения.

Процесс сборки представляет собой совокупность технологических операций, обеспечивающих соединение отдельных элементов и частей в единое целое, то есть в готовое изделие.

Сборка полупроводниковых приборов и интегральных микросхем включает в себя три основные технологические операции: присоединение кристалла к основанию корпуса; присоединение токоведущих выводов к активным и пассивным элементам полупроводникового кристалла, к внутренним элементам корпуса; герметизация кристалла от внешней среды.

Сборочным операциям предшествуют следующие операции: визуальный контроль кристаллов; зондовый контроль электрических параметров; разделение подложек на кристаллы.

Особенностью сборки полупроводниковых приборов и ИМС являются:

- малые толщины проводников от 10 до 200 мкм;
- малые толщины пленок от 0,05 до 5 мкм;
- использование индивидуальной обработки изделий.

Это приводит к высокой удельной трудоемкости сборочных операций в технологическом цикле изготовления изделий микроэлектроники и повышает требования к высокой производительности и точности при максимальной автоматизации процессов сборки.

Раздел 1 Разделение пластин на кристаллы

Операции, предшествующие сборке полупроводниковых приборов и ИМС.

К операциям, предшествующим сборке, относятся:

- зондовый контроль электрических параметров;
- разделение пластин на кристаллы.

Зондовый контроль электрических параметров проводят следующим образом: кристалл на полупроводниковой пластине с помощью контактирующего устройства подключается к измерителю для контроля электрических параметров.

Операция зондового контроля представляет собой поэтапное испытание полупроводниковых кристаллов путем контакта электропроводных зондов с контактными площадками каждого кристалла. Электрический сигнал от каждого кристалла измеряется, сравнивается с эталоном и дается заключение о его годности. Бракованные кристаллы маркируются специальной краской и в дальнейшем на сборку не поступают.

Установки зондового контроля обеспечивают подключение электрических цепей измерителей статических и динамических параметров ИМС к контактными площадкам кристалла с помощью контактных зондов. Основным требованием к зондовым установкам являются следующее: обеспечить необходимые параметры контактирования при помощи измерительных зондов.

Для измерений используют различные виды зондовых установок: ЭМ-6010, ЭМ-6010-1, ЭМ-6020, ЭМ-6020-1, ЭМ-490 и другие.

Установки состоят из следующих основных частей: механизма позиционирования, устройства точной ориентации, устройства визуального наблюдения, комплекта контактирующих устройств, механизма загрузки-выгрузки.

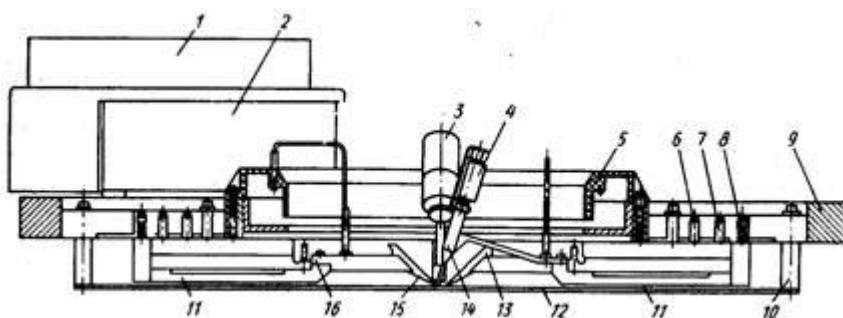


Рисунок 1.1 - Контактное устройство установки зондового контроля

Технология разделения пластин и подложек на кристаллы.

Операция разделения пластин на кристаллы предназначена для выделения каждого отдельного кристалла из пластины с целью последующей сборки этого кристалла в корпуса или на платы.

Применяют следующие способы разделения пластин на кристаллы:

- сквозная резка пластин диском с наружной режущей кромкой;

- сквозная резка пластин стальными полотнами и проволокой с применением абразива;
- разделение пластин скрайбированием алмазным резцом или лазером с последующей ломкой;
- ультразвуковая резка пластин;
- разделение пластин травлением.

Разделение пластины осуществляется по двух- или одностадийным механизмам. При использовании одностадийного механизма вначале наносят специальные риски по скрайберным дорожкам в двух взаимно перпендикулярных направлениях, такая операция называется скрайбированием. Во втором случае пластина разрезается насквозь специальным алмазным диском или лазером.

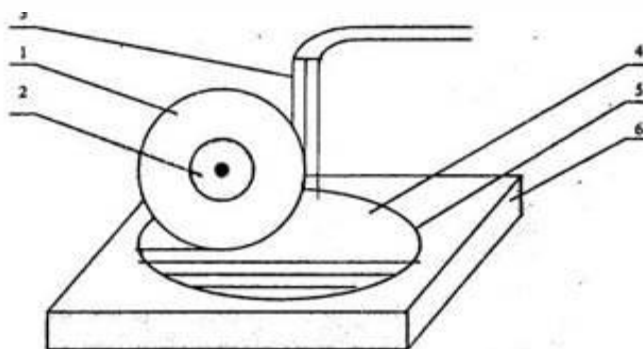


Рисунок 1.2 - Разделение пластин диском с наружной алмазной режущей кромкой

Дисковая резка проводится с использованием диска с алмазной режущей кромкой. Алмазные зерна, закреплённые в связке по краю диска, выполняют роль микрорезцов, удаляя с большой скоростью микростружку материала пластины. Резка пластин на кристаллы осуществляется с применением диска с наружной режущей кромкой.

Современный ДАР согласно рисунка 1.3 представляет собой алюминиевый корпус, на который электрохимическим методом осажден никель, который является связующим материалом с различными абразивными включениями в качестве которых используются мелкие зёрна алмаза размером 3-5 мкм; никель удаляют химическим травлением для вскрытия режущей кромки.

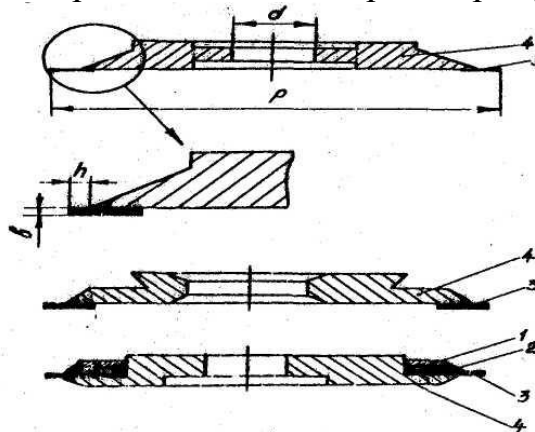


Рисунок 1.3 - Современный диск с наружной алмазной режущей кромкой

К операции разделения пластин на кристаллы предъявляются следующие требования:

- не содержать трещин, сколов по краям кристаллов
- иметь высокий процент выхода годных кристаллов;
- иметь геометрическую точность кристаллов;

После лазерного скрайбирования или скрайбирования алмазным диском пластину разламывают на кристаллы, прикладывая определенное механическое воздействие. При этом возникает изгибающее усилие, которое зависит от длины и ширины пластин. Существуют следующие методы разламывания:

- разламывание валиком;
- разламывание клином;
- разламывание пластин между двумя валиками;
- разламывание пластин на полусфере.

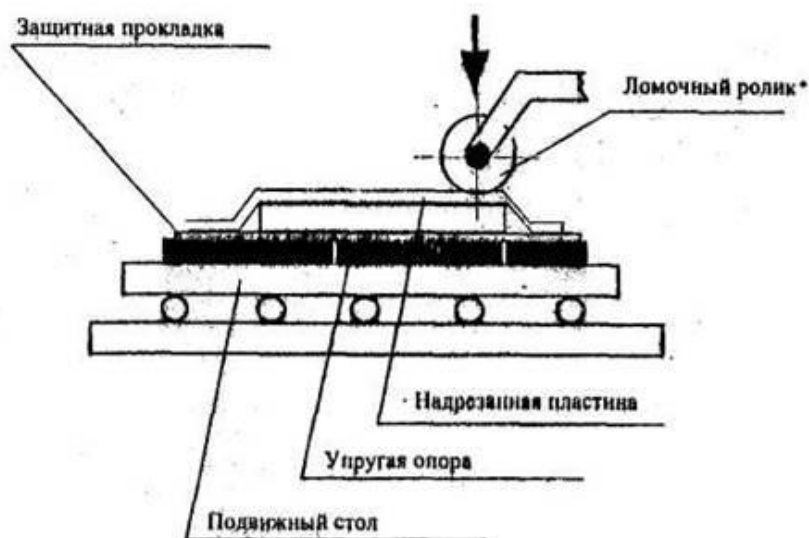


Рисунок 1.4 - Разламывание пластин валиком

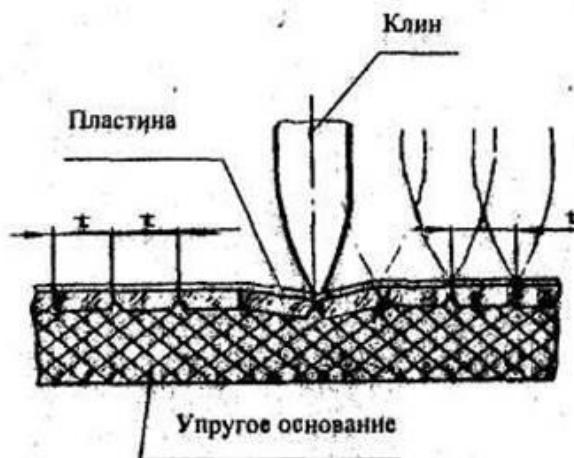


Рисунок 1.5 - Разламывание пластин клином

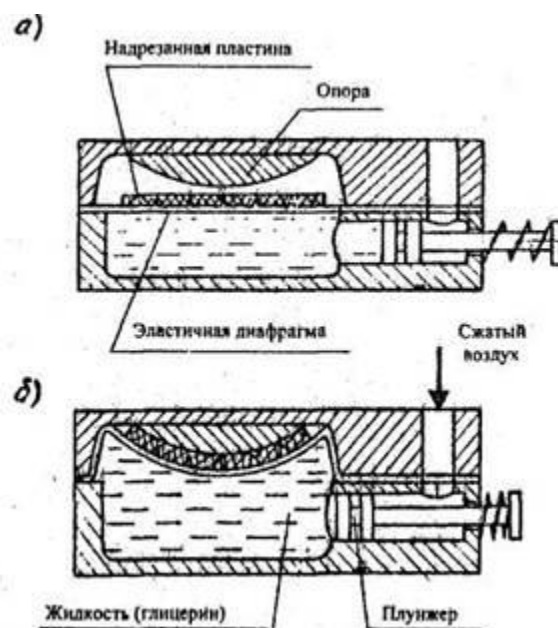


Рисунок 1.6 - Разламывание пластин на полусфере
Оборудование для скрайбирования и разделения пластин.

Для лазерного скрайбирования используют следующие установки ЭМ-210, ЭМ-220.

Основные узлы и блоки установок:

- твердый оптический квантовый генератор (ОКГ);
- оптическая система для фокусировки лазерного луча;
- устройство визуального наблюдения за процессом резки;
- проектор;
- блок управления с пультом;
- механизм перемещения рабочего стола с предметным столиком;
- микропроцессорная система управления с развитой диагностикой электронных узлов.

Рабочий цикл установок включает следующие операции:

- продольное перемещение стола в одном направлении;
- перпендикулярную подачу на шаг;
- возвратно-продольное перемещение.

Для дисковой резки используют установки ЭМ-225, ЭМ-2005, ЭМ-2055, ЭМ-2085, комплекс для разделения пластин ЭМ-0201 и другие.

Основные узлы и блоки установок:

- высокоскоростной шпиндель на котором закреплен диск;
- координатный стол для закрепления пластин;
- видеоконтрольное устройство с монитором;
- пневмоблок;
- блок питания;
- блок управления на базе микропроцессоров.

С помощью ЭВМ можно решить следующие задачи:

- обход пластины по контуру;
- программирование скорости и ускорения резания;

- расширение диапазона рабочих скоростей;
- управление приводами (столик расположен на четырехкоординатном приводе);
- программируемое перемещение рабочего стола.



Рисунок 1.7 – Установка дисковой резки ЭМ-225М

Раздел 2 Методы сборки

Пайка. Характеристика процесса пайки. Виды пайки.

Пайка – это процесс получения неразъемного соединения нагретых деталей с помощью расплавленного припоя, который взаимодействует с деталями образуя после кристаллизации прочный паянный шов. При пайке происходит взаимное растворение и диффузия основного металла и припоя в тонком приповерхностном слое соединения. Пайка характеризуется смачиваемостью и паяемостью.

Паяемость – это свойство соединяемых материалов вступать в физико-химическое взаимодействие с расплавленным припоем и способность соединять материалы между собой.

Смачиваемость зависит от вида контактируемых материалов, чистоты смачиваемых материалов, свойств припоя. По краевому углу смачивания можно определить качество смачивания согласно рисунка 2.1. Для химической очистки применяют флюсы, которые разрушают и удаляют оксидные пленки, а также защищают поверхность пока припой растекается по ней.



Рисунок 2.1- Определение смачиваемости по краевому углу смачивания

Существуют следующие виды пайки: капиллярная, диффузионная, контактно-реактивная.

При капиллярной пайке припой заполняет зазор между соединяемыми поверхностями и удерживается в нем капиллярными силами. Капиллярная пайка название условное, так как при любом виде пайки действуют капиллярные силы. Капиллярная пайка бывает горизонтальная и вертикальная в зависимости от расположения паяного шва.

Диффузионная пайка характеризуется длительностью выдержки при температуре нагрева соединяемых материалов, в результате этого в впаянном шве возможно образование твердого раствора с постепенным изменением концентрации растворяемых металлов, что способствует повышению его прочности и жаростойкости.

Контактно-реактивное соединение металлов происходит при контактном плавлении с образованием сплава металла с припоем.

Припой должен обладать высокой механической прочностью, пластичностью и хорошей текучестью в жидкой фазе. Припой должен хорошо смачивать паяемое соединение и проникать в зазоры. ТКЛР припоя и паяемого материала должны быть близки. Кроме того, припои должны отвечать ряду спе-

цифических требований по электропроводности, теплопроводности, коррозионной стойкости и другие

Марка припоя, например, ПОС-61, состоит из буквы П (припой), двух или несколько букв, которые обозначают наименование компонентов, цифры обозначают количество основного компонента по массе.

Сварка. Характеристика процесса сварки. Виды сварки.

Сваркой называется технологический процесс образования неразъемного соединения путем их местного сплавления или пластического деформирования, или одновременным действием того и другого. При сварке между свариваемыми металлами начинают действовать межатомные связи, которые обеспечивают прочность шва.

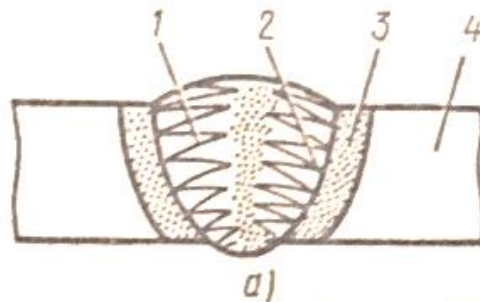
Образование сварного соединения сопровождается сложными физическими и химическими соединениями:

- электрическими;
- тепловыми;
- механическими.

Сварка бывает двух видов: сварка давлением и сварка плавлением.

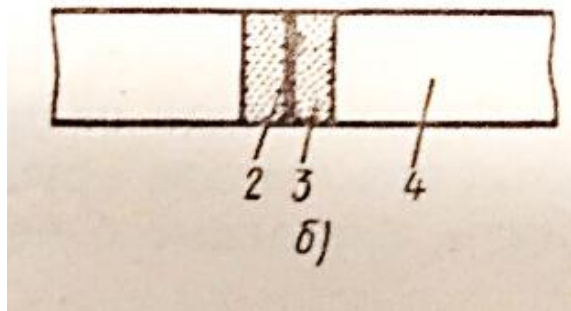
Сварка плавлением проводится с помощью расплавления основного металла, формированием и кристаллизацией сварочной ванны; химическими реакциями на границе фаз (жидкой и твердой).

Образование сварного соединения происходит по 2 схемам.



- 1 – сварной шов
- 2 – зона сплавления (сцепления)
- 3 – зона термического влияния
- 4 – основной металл

Рисунок 2.2- Образование сварочной ванны, которая происходит при сварке плавлением



2 – зона сплавления (сцепления)

3 – зона термического влияния

4 – основной металл

Рисунок 2.3 – Образование сварного соединения при сварке давлением

Сварка плавлением – это процесс получения неразъемного соединения при местном плавлении материалов в результате кристаллизации в расплаве которых образуются прочные связи между атомами. К сварке плавлением относятся: аргодуговая сварка, плазменная сварка, лазерная сварка, электронно-лучевая сварка.

Сварку давлением выполняют при температуре ниже точки плавления соединяемых деталей без использования припоев и с приложением усилия предназначенного для возникновения необходимой пластической деформации.

К сварке давлением относят следующие виды сварки: термокомпрессионную, микроконтактную, холодную и диффузионную сварку.

Приклеивание. Характеристика процесса.

С помощью приклеивания образуются высокопрочные долговечные конструкции способные работать в широком диапазоне температур и в различных климатических условиях. Основными достоинствами данного метода являются: простота процесса, возможность соединения разнообразных материалов и упрощение конструкции микросхем. При приклеивании возникают различные силы: адгезия, аутагезия, когезия.

Достоинства клеевого соединения:

- простота технологии
- возможность получения соединений с необходимыми свойствами
- возможность соединения разнообразных материалов

Недостатки:

- невозможность демонтажа

Клей наносят на подложку следующим образом:

- вручную (с помощью иглы, кисти или монтажной лопатки, можно наносить клей с помощью шприца)
- с помощью дозатора;
- с помощью трафаретной печати.

Раздел 3 Монтаж кристаллов

В сборочном производстве микросхем операция монтажа проводят с целью крепления кристаллов на основание корпуса или на плату. Кристаллы могут крепиться непосредственно к основанию корпуса или к предварительно смонтированному промежуточному элементу термокомпенсатору или подложке.

Монтаж обеспечивает необходимое расположение кристаллов, их прочное механическое соединение, надежный электрический контакт и хороший теплоотвод.

Для монтажа кристаллов используют различные методы:

- контактно-реактивная пайка;
- эвтектическая пайка;
- пайка низкотемпературными припоями;
- монтаж приклеиванием;
- монтаж низкотемпературными стеклами;
- сборка на ленте носителя.

При присоединении полупроводникового кристалла к основанию корпуса основными требованиями являются: высокая надёжность соединения, механическая прочность и в ряде случаев высокий уровень передачи тепла от кристалла к подложке

Процессы и операции сборки и монтажа являются наиболее трудоемкими в технологии производства ИМС

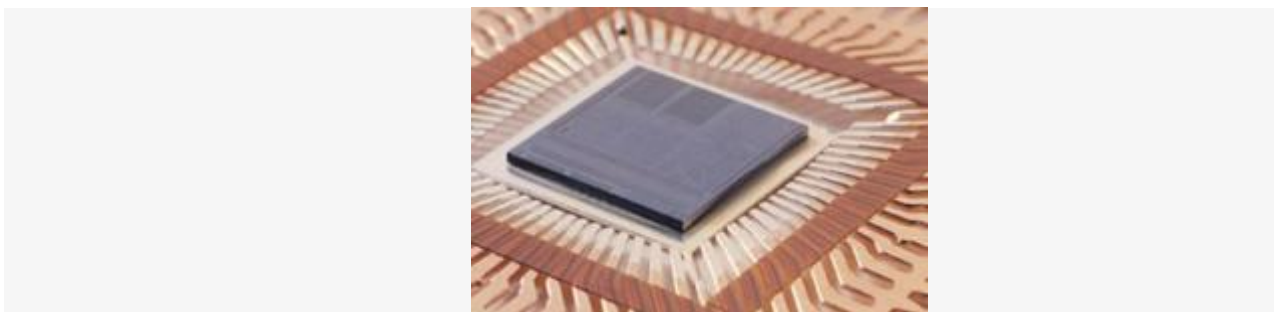


Рисунок 3.1-Монтаж интегральной микросхемы на основание корпуса

Контактно- реактивная пайка основана на одновременном воздействии температуры, давления и механических колебаний на основании корпуса кристалодержатель выводной рамки и непланарную сторону кристалла, и образование эвтектического сплава между ними. При контактно-реактивной пайке сплав заполняет зазор и кристаллизуется с образованием прочного паянного соединения.

Эвтектическая пайка отличается от контактно-реактивной пайки тем, что эвтектический сплав вводится в виде припоя между соединяемыми поверхностями кристалла и корпуса. В качестве припоев используются эвтектические сплавы: Au-Si; Au-Ge.

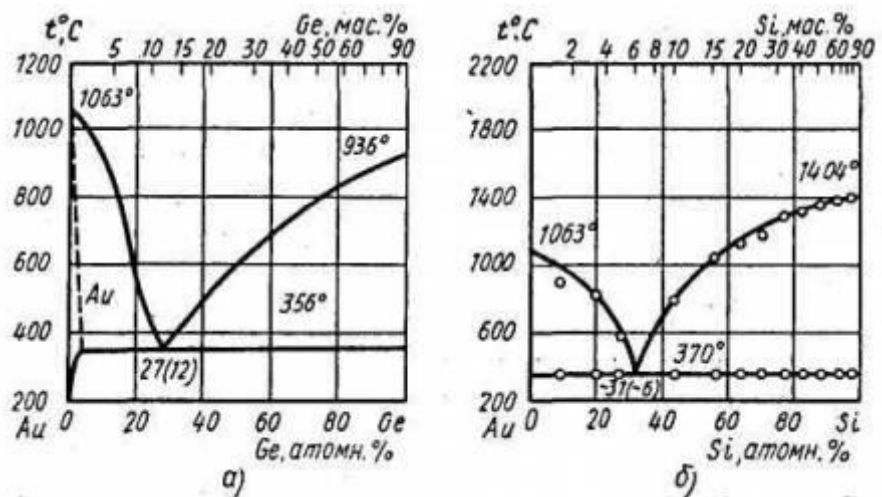
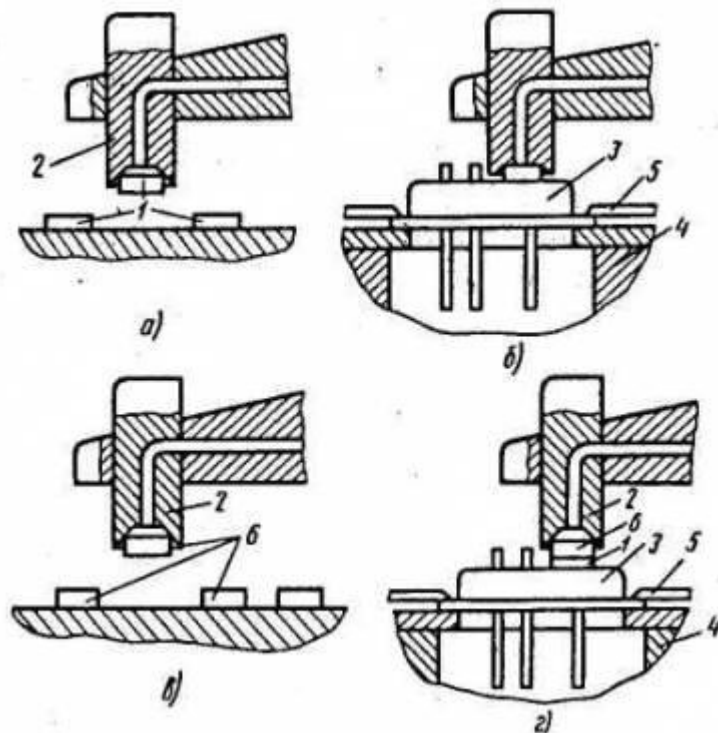


Рисунок 3.2- Диаграмма состояния эвтектических сплавов Au-Si; Au-Ge

Эвтектическая пайка происходит в следующей последовательности:



- захват прокладки из эвтектического сплава и перенос её,
- укладка на место монтажа,
- захват кристалла, перенос и присоединение его к месту монтажа,
- монтаж кристалла

Рисунок 3.3- Последовательность проведения эвтектической пайки

Сборка на ленте- носителе является основным методом при производстве бескорпусных интегральных микросхем. Носитель изготавливают из химически стойких смол полиимидов или поли Ленты применяемые для этого процесса бывают следующих видов:

- по составу: полиимидные, полиэфирные ленты
- по структуре: двухслойные, трехслойные

Достоинством метода является снижение себестоимости ИМС за счёт повышения уровня автоматизации и снижение затрат на материалы.

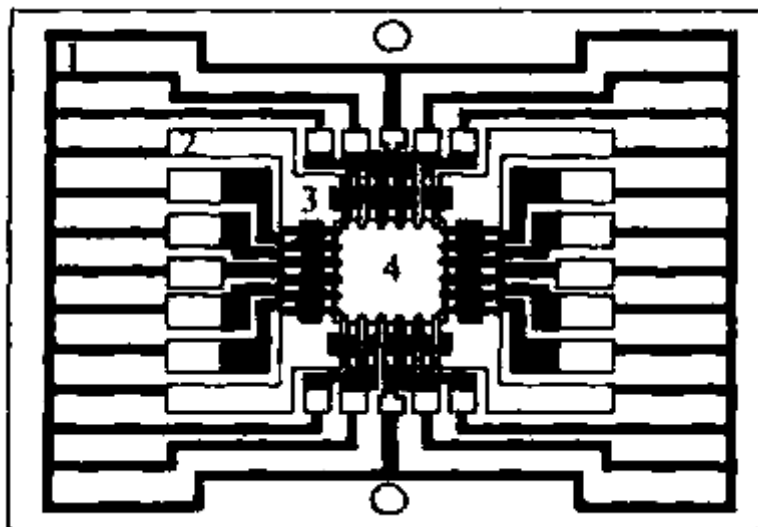


Рисунок 3.4- Кадр ленты –носителя

Инструмент для монтажа кристалла.

Инструмент, используемый для захвата кристалла, представляет собой капилляр с расширяющимся к низу отверстием. Узкой верхней частью инструмент соединяется с вакуумной системой, а широкая часть служит для захвата и удержания кристалла. Широкая часть служит для удержания кристалла и может иметь различную форму. Она может быть изготовлена в виде конуса для неориентированного монтажа кристаллов, в виде четырехгранной пирамиды или кубической формы для ориентированного монтажа кристаллов. Инструмент имеет следующее обозначение: ИМКА2, ИМКА3.

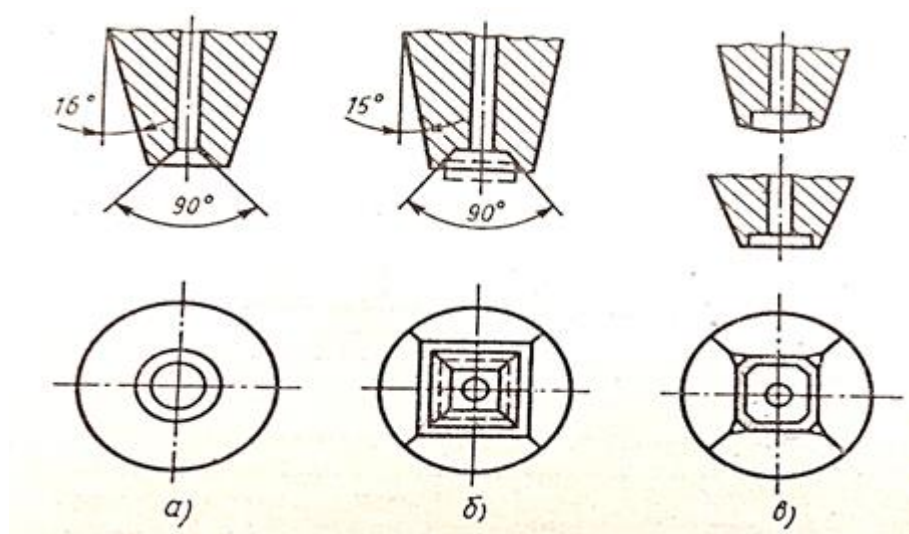


Рисунок 3.5 –Инструмент для монтажа кристаллов.

Оборудование для монтажа кристаллов.

Присоединение кристаллов к основанию корпуса выполняется на специальных установках монтажа, при этом, в основном, используются методы эвтектической пайки, контактно-реактивной или приклеивания.

Для монтажа кристаллов используют следующие виды установок: полуавтомат ЭМ-4025; автоматы ЭМ-4025А, ЭМ-4085, ЭМ-4485, ЭМ-4105, ЭМ-4105-1, ЭМ-4075, ЭМ-4015, ЭМ-4015-1. Все установки имеют различную производительность, температуру нагрева рабочей зоны.

Все установки для монтажа имеют следующие основные системы и узлы: координатный стол, предметный столик, монтажные головки с инструментом, устройство загрузки-выгрузки, устройство позиционирования, световую указку (оптический указатель), устройство питания, систему программного управления, устройство подогрева.



Рисунок 3.6- Автомат ЭМ-4085-14М



Рисунок 3.7- Установка ЭМ-4025АМЗ

Раздел 4 Присоединение электродных выводов

Методы присоединения электродных выводов делятся на две группы:

1 Проволочные методы присоединения, к которым относятся: термокомпрессионная, ультразвуковая, термозвуковая, микроконтактная сварка и пайка электродных выводов.

2 Беспроволочные методы присоединения электродных выводов: метод перевернутого кристалла (флип-чип), монтаж кристалла с балочными выводами и монтаж кристалла с «паучковыми» выводами.

При беспроводном монтаже КП кристалла соединяют с КП выводов корпуса или ленточного носителя групповыми методами, не используя гибкие проволочные проводники, чаще всего для присоединения используют выступы, столбики (высотой в десятки доли миллиметра) расположенные в местах п/п кристалла, кристалл переворачивают выступами вниз, либо используют специальные балочные выводы. Выступы на кристалле могут быть изготовлены низкотемпературного припоя или из гальванически осажденного алюминия и золота

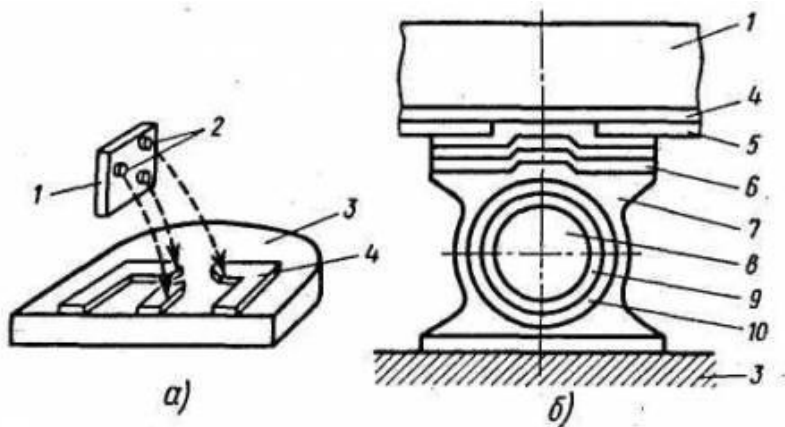


Рисунок 4.1- Присоединение выводов методом перевернутого кристалла.

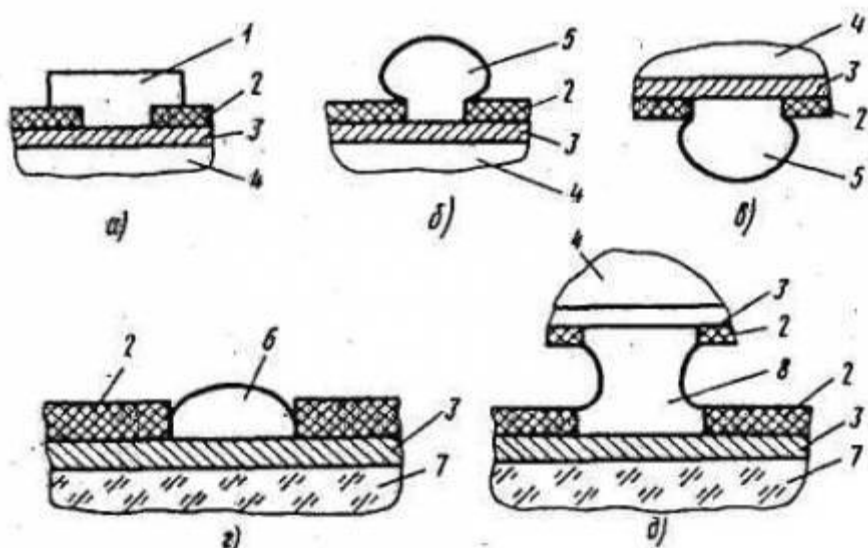


Рисунок 4.2- Монтаж кристаллов с контролируемой осадкой выступов.

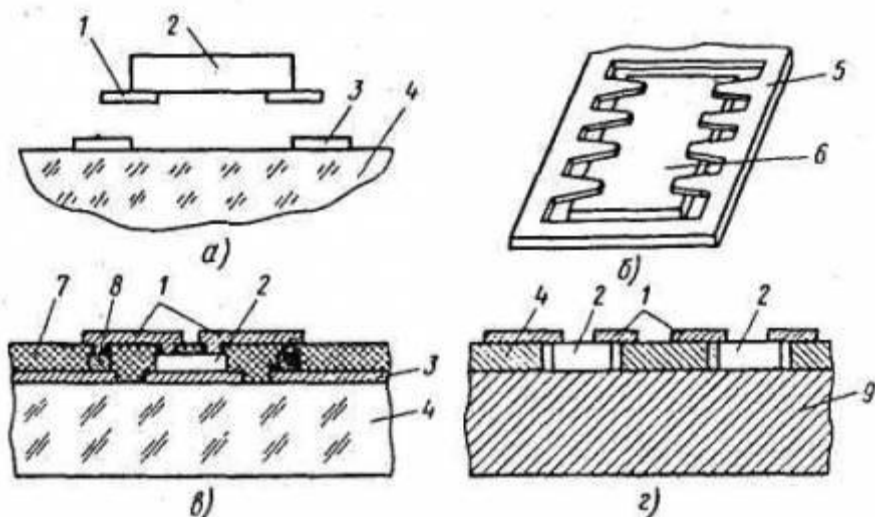


Рисунок 4.3- Монтаж кристаллов с балочными выводами.

Проволочные методы присоединения.

Материалом для проволочных электродных выводов служит золотая или алюминиевая проволока. Выводы должны быть пластичны, хорошо проводить электрический ток, иметь низкое сопротивление контакта с металлическими пленками. Электродные выводы имеют диаметр в основном от 8 до 60 мкм. Проволока из алюминия иногда может достигать диаметра 250-500 мкм.

Термокомпрессионную сварку применяют для присоединения гибких проволочных проводников из золота или меди к тонкопленочным КП металлизированной поверхности полупроводниковых кристаллов и выводов корпусов. Выводы для ТКС должны обладать достаточной пластичностью для исключения возникновения остаточных напряжений.

При термокомпрессионной сварке рабочая температура должна быть ниже температуры эвтектики соединяемых материалов. Рабочее давление должно обеспечивать 30-60% деформацию металлического проводника.

Разновидности термокомпрессионной сварки могут быть классифицированы по трем основным признакам:

1) по способу нагрева;

Подвод тепла в зону сварки осуществляют тремя способами:

а) нагрев только рабочего столика;

б) нагрев рабочего инструмента;

в) одновременный нагрев рабочего столика и инструмента.

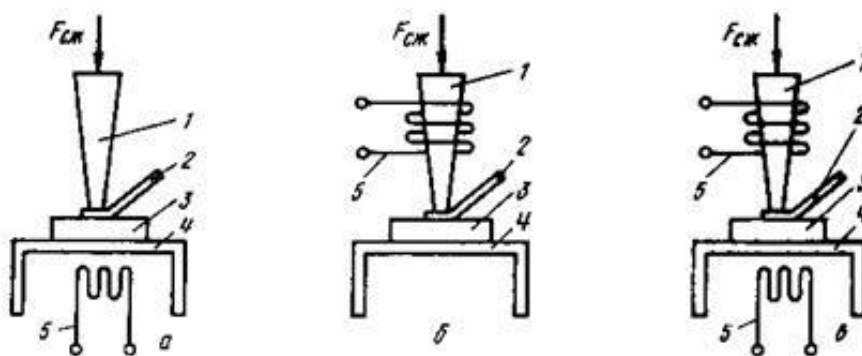


Рисунок 4.4- Разновидности ТКС по способу нагрева

По типу образования соединения термокомпрессионная сварка бывает:

- 1) ТК шариком
- 2) ТК клином
- 3) ТК сшиванием

Термокомпрессия клином внахлест применяется при невысоких требованиях к точности положения сварной точки на контактной площадке, а также к производительности процесса, так как она ограничена отдельной подачей проволоки и инструмента.

Термокомпрессия шариком встык. Данный вид сварки выполняется капилляром с осевым отверстием, через которое подается проволока. Шарик на конце проволоки образуется с помощью электрического разрядника (или газовой горелки).

Термокомпрессия «сшиванием». Оба соединения выполняются внахлест. В месте соединения образуется отпечаток инструмента с определённым ребром жесткости. Инструмент имеет боковое отверстие. Также данный вид сварки можно проводить инструментом «птичий клюв».

Инструмент для ТКС. При термокомпрессионной сварке используют различные виды инструмента. При термокомпрессионной сварке используются капилляры с центральным и боковым отверстием, а также инструмент «птичий клюв», разрезной капилляр. Для изготовления используется сплав ВК-6, либо вольфрам для ТКС с импульсным косвенным нагревом. Обозначается инструмент КТ-5.

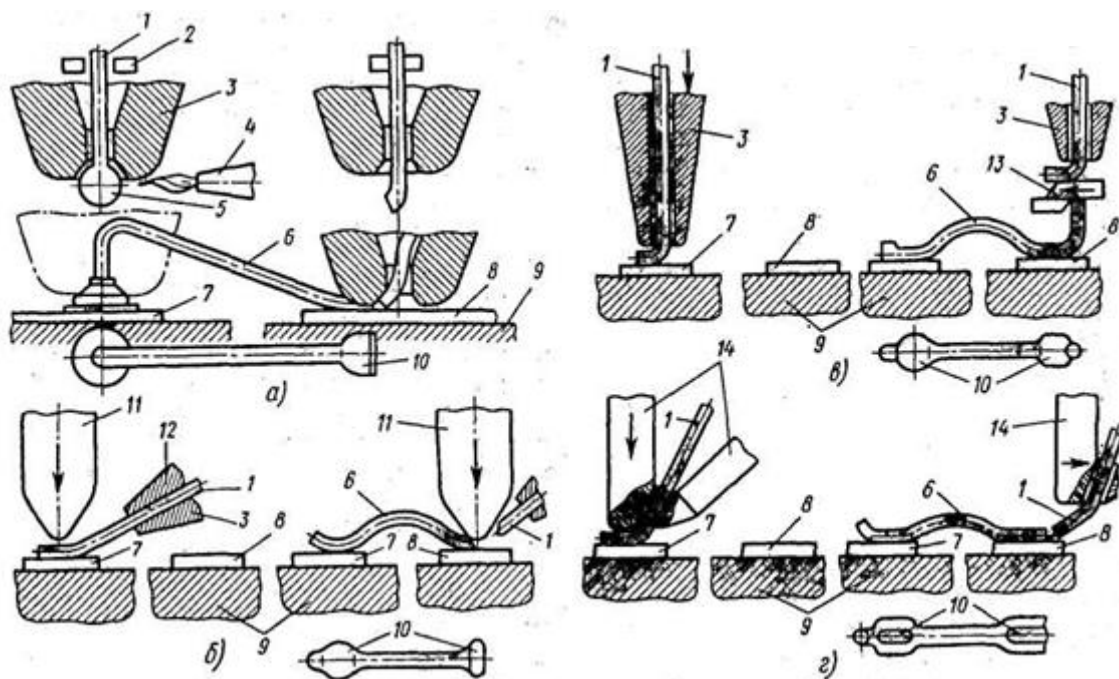
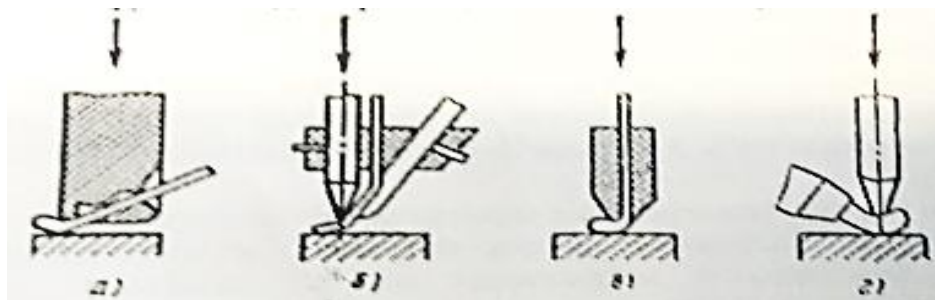


Рисунок 4.5-Разновидности ТКС по типу образования соединения



а) «птичий клюв»; б) «клин»; в) «капилляр»; г) «игла»

Рисунок 4.6 – Типы инструментов для проведения термокомпрессионной сварки

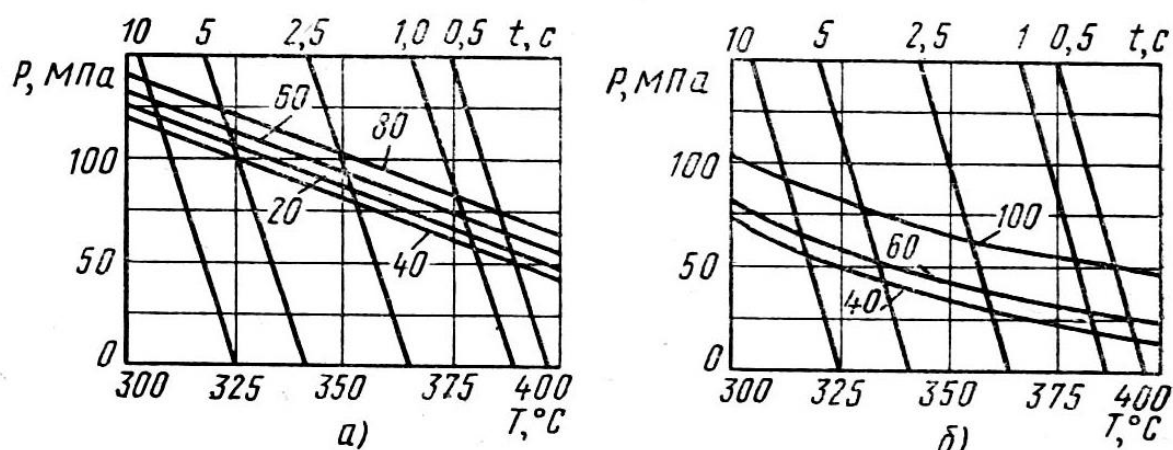


Рисунок 4.7- Номограмма для выбора режимов термокомпрессионной сварки

Ультразвуковая сварка.

Ультразвуковая сварка – это процесс соединения двух металлов в твердом состоянии при незначительном нагреве с приложением определенного давления и энергии ультразвуковых колебаний. В результате сил, приложенных через инструмент к проволочному выводу и ультразвуковых колебаний, передаваемых в зону контакта соединяемых деталей, разрушаются оксидные и адсорбированные пленки и, при одновременном локальном разогреве соединяемых материалов, образуется эвтектический контакт, а затем и взаимная диффузия. В результате этого создается прочное соединение.

Инструмент для ультразвуковой сварки должен иметь оптимальную форму и размеры. При УЗС важнейшим элементом в установке является рабочий инструмент, который должен обеспечивать получение сварного соединения требуемой формы и размеров. Должен обладать наилучшей эффективностью передачи ультразвуковых колебаний в зону сварки.

Для получения соединений при ультразвуковой сварке применяют 2 вида инструментов:

- капилляр с центральным соединением «встык» КУТЗ, КУТ4
- капилляр с боковым соединением для соединения «внахлест» КУТ1, КУТЗ, КУТ7.

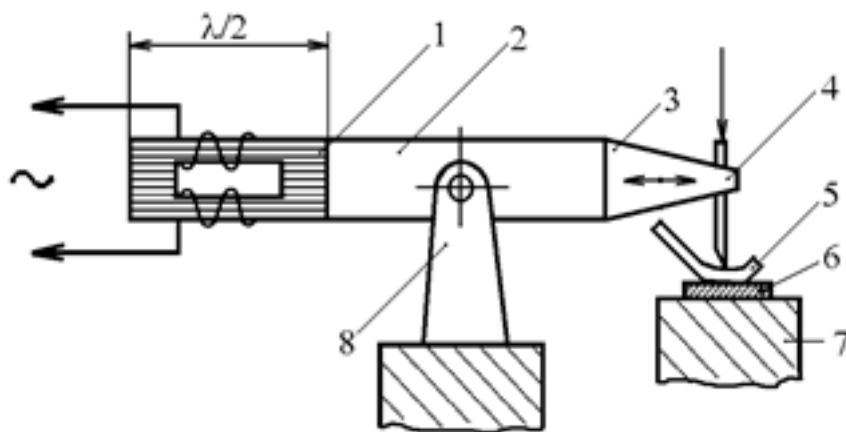


Рисунок 4.8- Схема присоединения вывода к кристаллу с помощью УЗС

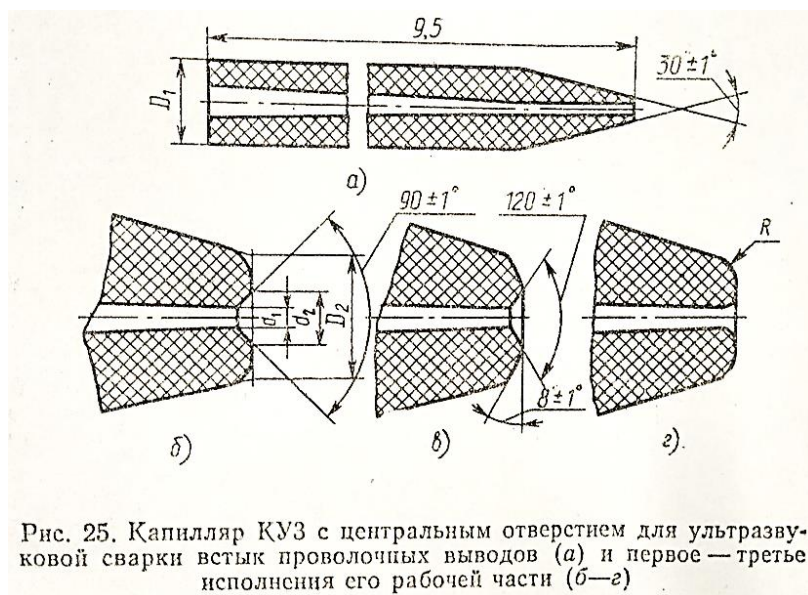


Рис. 25. Капилляр КУЗ с центральным отверстием для ультразвуковой сварки встык проволочных выводов (а) и первое — третье исполнения его рабочей части (б—г)

Рисунок 4.9-Капилляр с центральным отверстием КУЗ.

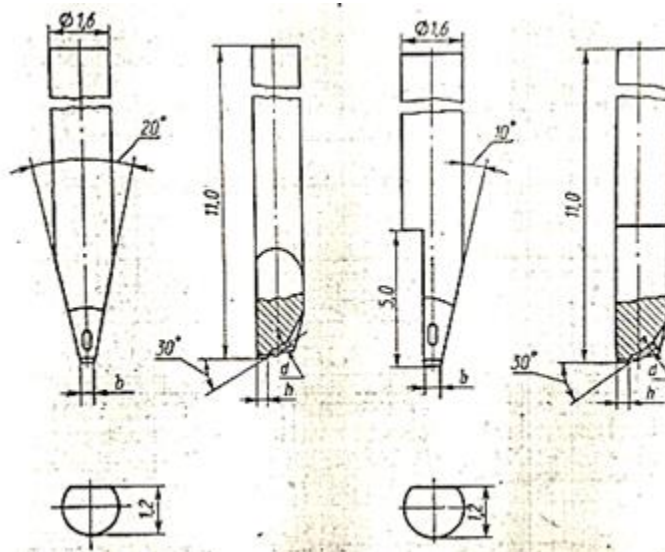


Рисунок 4.10 -Капилляр с боковым отверстием КУТЗ.

Оборудование для ультразвуковой сварки.



Рисунок 4.11- Автомат для присоединения проволочных выводов ЭМ-4020

Для разварки выводов с помощью УЗС используют различные виды оборудования, отличающегося друг от друга видом используемого оборудования, производительностью, толщиной проволоки для электродных выводов и потребляемой мощностью. Чаще всего для УЗС используются автоматы и полуавтоматы (ЭМ-4020 (А, Б, М), УЗСМ-2,5, ОЗУН 12000, ЭМ-4130, ЭМ-4220, УЗСА).

Во всех установка применяют алюминиевую проволоку для создания электродных выводов. Диаметр проволоки составляет 0,025 – 0,06.

Оборудование для ТКС. При термокомпрессионной сварке применяют различные виды оборудования. Наиболее часто используют установки ЭМ-490, ЭМ-4030, ЭМ-4060, ЭМ-4260, ЭМ-4360. Данные установки являются автоматами, либо полуавтоматами. Производительность данных установок составляет от 10 000 до 14 000 сварок в час.



Рисунок 4.12- Автомат для присоединения проволочных выводов ЭМ-4260

Раздел 5 Герметизация микросхем

Защиту микросхем и микросборок от воздействия окружающей среды и механических воздействий обеспечивают использованием различных методов герметизации. Различают корпусную и бескорпусную герметизацию.

Корпусная герметизация микросхем

Корпусная герметизация осуществляется присоединением крышки к основанию корпуса, в результате чего в корпусе образуется полый, замкнутый объем.

Корпуса ИМС и микросборок должны защищать их от воздействия окружающей среды и механических повреждений; обеспечивать удобство монтажа кристаллов и подложек и герметизацию корпуса без изменения параметров кристалла и навесных компонентов; выдерживать механические воздействия и термоциклирование; отводить тепло в процессе сборки и эксплуатации изделий; обеспечивать надежность сборки и эксплуатации прибора; защищать кристалл и навесные компоненты от загрязнений пылью, газообразными химическими загрязнениями, солями и парами воды; быть дешевыми и технологичными в изготовлении; при монтаже на ПП обеспечивать удобство и надежность монтажа и коррозионную стойкость; обеспечивать контроль МС до и после монтажа; обладать коррозионной стойкостью, высокой надежностью, технологичностью и низкой себестоимостью.

В зависимости от используемых материалов вакуум-плотные корпуса микросхем и микросборок подразделяют на стеклянные, металlostеклянные, металлокерамические, керамические, пластмассовые и металлопластмассовые.

Основные виды корпусной герметизации:

- 1) пайкой;
- 2) контактной контурной электросваркой;
- 3) контактной роликовой сваркой;
- 4) микроплазменной сваркой;
- 5) аргонно-дуговой сваркой;
- 6) электронно-лучевой сваркой;
- 7) лазерной сваркой;
- 8) склеиванием специальными клеями, стеклоцементами, глазуриями

Бескорпусная герметизация

Большинство полупроводниковых приборов и ИС, выполняют в пластмассовых корпусах. По сравнению с другими методами процесс герметизации пластмассами характеризуется высокой производительностью, относительно низкой стоимостью и простотой.

Для герметизации МС используют различные полимеры с добавками, влияющими на пластичность, текучесть, цвет, скорость отверждения пластмасс. Текучесть характеризуется временем, в течение которого герметизирующий состав находится в вязком состоянии при заданной температуре

окружающей среды. Скоростью отверждения называют скорость перехода пластмасс в состояние полной полимеризации.

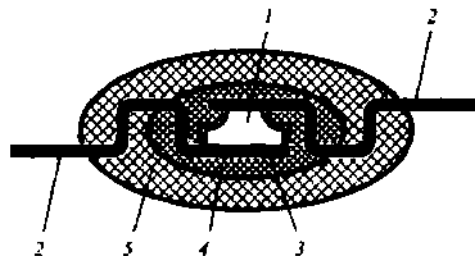
В качестве герметизирующих материалов используют компаунды (механические смеси из электроизоляционных материалов, не содержащие растворителей) и пресс-порошки на основе эпоксидных, кремнийорганических, полиэфирных смол.

Герметизация методом обволакивания. При герметизации обволакиванием вокруг МС создается тонкая пленка полимерного материала. Для обеспечения механической прочности и герметичности полупроводниковых приборов и МС наносят несколько слоев герметизирующего состава с предварительным подсушиванием каждого. Метод герметизации обволакиванием характеризуется устойчивостью защищаемых приборов к воздействию влажной атмосферы, простотой процесса, малым расходом герметизирующего материала, возможностью применения групповых методов обработки.

Технологический процесс обволакивания состоит из следующих основных операций:

- закрепление арматуры (выводов) и полупроводниковой структуры в приспособлении;
- силанирование (нанесение гидрофобного защитного покрытия на основе кремнийорганических полимеров);
- нанесение защитного закрепляющего состава;
- нанесение и полимеризация герметизирующего состава;
- контроль качества герметизирующего покрытия.

Способ нанесения герметизирующего состава зависит от габаритных размеров защищаемого изделия.



- 1 - полупроводниковая структура;
- 2 - вывод;
- 3 - силановая пленка;
- 4 - защитный закрепляющий слой компаунда;
- 5 - герметизирующий слой компаунда

Рисунок 5.1- Герметизация полупроводниковых структур методом обволакивания

На дискретные полупроводниковые приборы герметизирующий состав наносят в виде капли. Полупроводниковые ИМС или полупроводниковые приборы герметизируют окунанием или нанесением компаундов распылением.

К недостаткам метода обволакивания МС относятся трудность нанесения равномерного по толщине покрытия, длительность процесса сушки на

воздухе, необходимость последующего отверждения при повышенной температуре, сложность механизации процесса.

Герметизация микросхем методом свободной заливки. Сущность метода герметизации МС методом свободной заливки состоит в заполнении жидким герметизирующим компаундом специальных форм или заранее изготовленных из пластмассы или металла корпусов, в которых размещают МС с выводами. Свободная заливка компаунда без давления уменьшает вероятность обрыва проволочных перемычек МС.

Применяют два метода свободной заливки: во вспомогательные разъемные формы и предварительно изготовленные корпуса.

Герметизацию микросхем заливкой во вспомогательные разъемные формы относят к бескорпусной, так как такая герметизация не требует специально изготовленных деталей корпусов. Однако она обеспечивает производство МС со строго фиксированными габаритными размерами, размерами выводов, шага между выводами. Поэтому в литературе принято называть такой метод заливки МС герметизацией в пластмассовые корпуса, которые иногда называют полимерными или металлополимерными.

В зависимости от конструкции прибора или МС применяют два способа заливки во вспомогательные формы — с предварительным подогревом и без подогрева разъемных форм.

При герметизации по первому способу многоместные разъемные формы, изготовленные из материалов с плохой адгезией по отношению к пластмассе, заполняют жидким компаундом с помощью дозатора. Собранные на ленте полупроводниковые структуры погружают в заполненные компаундом полости формы, после чего проводят полимеризацию компаунда. После полимеризации приборы извлекают из формы и с помощью специальных штампов отделяют друг от друга.

При герметизации по второму способу собранные на ленте полупроводниковые структуры помещают в рабочие гнезда нижней матрицы многоместной заливочной формы и плотно прижимают верхней матрицей. В верхней части формы предусмотрены специальные отверстия, а между гнездами внутри формы — система каналов для подачи герметизирующего компаунда. Нагретую форму заполняют компаундом. Нагрев формы необходим для повышения текучести компаунда. После предварительного отверждения компаунда заливочные формы охлаждают и извлекают ленты с загерметизированными приборами. Приборы на металлических лентах проходят термообработку до полной полимеризации. После полимеризации снимают облой и ленту разделяют на отдельные фрагменты, удаляя вторую технологическую перемычку.

Полученные изделия представляют собой готовые загерметизированные приборы.

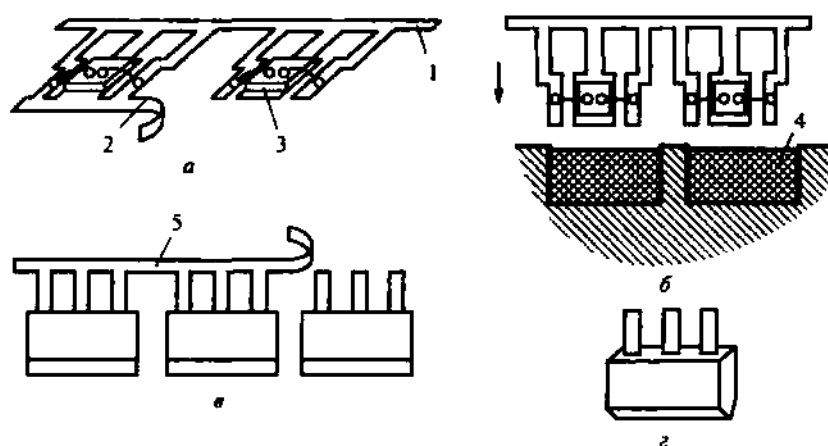


Рисунок 5.2-Герметизация микросхем методом свободной заливки в формы без подогрева

При герметизации заливкой в предварительно изготовленные корпуса полупроводниковые структуры сначала закрепляют на перфорированную ленту, состоящую из объединенных между собой фрагментов плоских выводов. Контакт между плоскими выводами перфорированной ленты и контактными площадками полупроводниковой структуры создают проволочными перемычками

Герметизация МС заливкой в предварительно изготовленные корпуса отличается простотой, так как в этом случае не требуется изготовление дорогостоящих заливочных форм. Корпуса представляют собой пластмассовую оболочку, изготовленную горячим прессованием, или металлическую капсулу, изготовленную штамповкой. Они имеют разнообразную геометрическую форму и типоразмеры.

Заливку в корпуса-оболочки осуществляют в основном теми же герметизирующими составами, что и заливку в формы. После полимеризации герметизирующего компаунда эти корпуса остаются частью МС (рис. 7.41). Герметизацию полупроводниковых структур методом свободной заливки применяют в мелкосерийном производстве изделий со сложной арматурой.

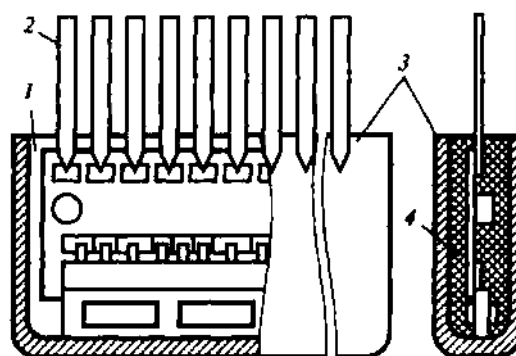


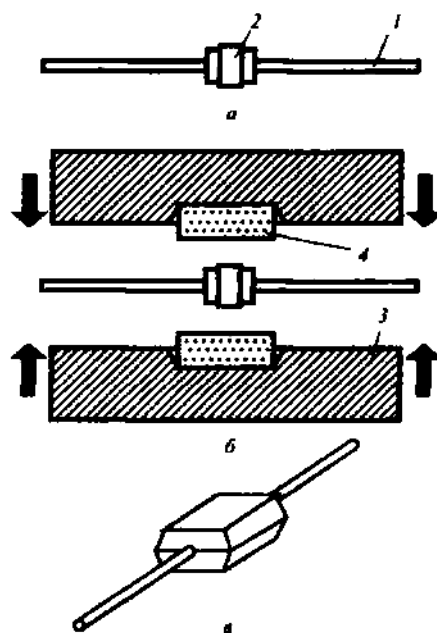
Рисунок 5.3- Герметизация микросхем методом заливки в корпуса

Герметизация прессованием. Герметизация МС методом прессования пластмасс основана на особенности некоторых полимерных материалов плавиться и течь под действием температуры и давления, заполняя полость металлической формы с изделиями. В этом случае используют полимеры в виде пресс-порошков и таблеток, которые не изменяют своих свойств в течение

длительного времени, что исключает операцию приготовления герметизирующих компаундов. В качестве герметизирующих материалов применяют термореактивные полимеры, прессующиеся при низких давлениях, что позволяет герметизировать МС с гибким проволочным монтажом.

В микроэлектронике используют в основном два способа герметизации МС прессованием: компрессионное и литьевое (трансферное).

При компрессионном прессовании собранную с арматурой полупроводниковую структуру и порошкообразный или таблетированный материал загружают непосредственно в пресс-форму под действием тепла и давления герметизирующий материал переходит в пластичное состояние и заполняет формующую полость. После окончания выдержки опрессованные изделия извлекают из пресс-формы



- 1 - выводы;
- 2 - полупроводниковая структура;
- 3 - пресс-форма;
- 4 - пресс-порошок

Рисунок 5.4 -Герметизация микросхем методом компрессионного прессования

При литьевом (трансферном) прессовании загрузочная камера пресс-формы отделена от формующей полости. Кассету или перфорированную ленту с несколькими смонтированными полупроводниковыми структурами помещают в формующие полости пресс-формы. Пресс-форму нагревают до температуры плавления пластмассы нагревателями, вмонтированными непосредственно в пресс-форму. Расплавившаяся пластмасса под давлением опускающегося пуансона (трансфера) заполняет формующие полости пресс-формы. После частичной полимеризации кассету или перфорированную ленту с полупроводниковыми структурами извлекают из пресс-формы и окончательно полимеризуют. Загерметизированные полупроводниковые структуры извлекают из кассеты и отделяют друг от друга.

К недостаткам метода свободной заливки в формы относятся сравнительно невысокая производительность и необходимость проводить приготовление заливочных смесей в небольших количествах, так как со временем очень быстро изменяется их вязкость.

Шовноклеевая герметизация. При шовноклеевой герметизации используют пластмассовые корпуса с армированными выводами. Клеющий состав наносят по периметру основания корпуса после установки на него кристалла МС. На основание корпуса устанавливают пластмассовую крышку. Сборку фиксируют в приспособлении и сушат на воздухе или в термошкафу.

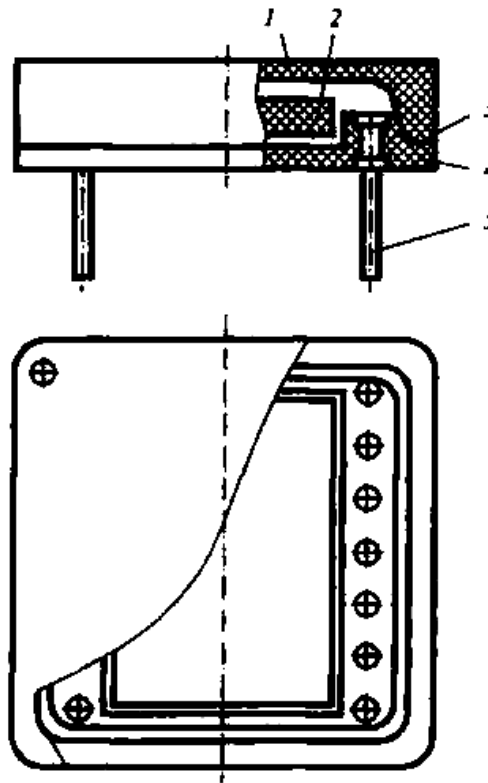


Рисунок 5.5- Шовноклеевая герметизация микросхем

Самоконтроль знаний

- 1 Опишите основные тенденции развития сборки и монтажа интегральных микросхем.
- 2 Поясните с какой целью используются операции монтажа кристаллов.
- 3 Опишите основные методы микросварки выводов.
- 4 Поясните какие основные параметры проведения сборочных операций вам известны.
- 5 Поясните, что представляет собой операция пайки, чем характеризуется.
- 6 Опишите порядок проведения операций сварки, особенности процесса.
- 7 Поясните где используется приклеивание, опишите особенности процесса
- 8 Опишите процесс разделения пластин на кристаллы, особенности процесса.
- 9 Опишите основные методы разламывания пластин, особенности, ограничения.
- 10 Опишите основные методы монтажа кристаллов на основание корпуса.
- 11 Поясните что представляет собой эвтектическая пайка, чем характеризуется.
- 12 Поясните в каком случае используют при монтаже приклеивание, достоинства и недостатки процесса.
- 13 Опишите процесс пайки кристаллов, порядок его проведения.
- 14 Поясните как проводится монтаж кристаллов на ленточные носители.
- 15 Опишите разновидности ленточных носителей, материалы для их изготовления.
- 16 Поясните порядок проведения беспроводного монтажа, особенности процесса, условия применения.
- 17 Поясните сущность метода перевернутого кристалла, достоинства, недостатки.
- 18 Опишите метод «паучкового» присоединения кристаллов, возможности и ограничения.
- 19 Поясните какие материалы используются для создания электродных выводов.
- 20 Опишите методы присоединения проволочных выводов при проведении процесса сборки интегральных микросхем.
- 21 Поясните процесс термокомпрессионной сварки, особенности, ограничения.
- 22 Опишите разновидности термокомпрессионной сварки.
- 23 Поясните процесс проведения ультразвуковой сварки, особенности процесса.

24 Опишите инструмент, который используется для присоединения проволочных выводов методом ультразвуковой сварки.

25 Опишите дефекты, которые могут возникнуть при проведении ультразвуковой сварки.

26 Поясните что представляет собой микроконтактная сварка, какие разновидности имеет.

27 Опишите оборудование для термокомпрессионной сварки, назначение, принцип работы.

28 Опишите оборудование для ультразвуковой сварки, назначение, принцип работы.

30 Поясните как классифицируются методы герметизации.

31 Опишите виды корпусов, которые используются при герметизации микросхем.

32 Опишите основные виды бескорпусной герметизации полупроводниковых приборов и ИМС.

33 Поясните порядок проведения трансферного прессования, особенности процесса.

34 Опишите основное оборудование, которое используется при корпусной герметизации.

35 Опишите основное оборудование, которое используется при бескорпусной герметизации.

36 Поясните, какие существуют методы контроля герметичности.

Примерный перечень вопросов к ОКР

- 1 Охарактеризуйте технологический процесс сборки и монтажа ИМС, основные параметры, возможности и ограничения
- 2 Охарактеризуйте зондовый контроль электрических параметров полупроводниковых пластин, назначение.
- 3 Объясните основные параметры контактирования при проведении зондового контроля.
- 4 Охарактеризуйте оборудования для проведения зондового контроля, принцип работы, основные узлы и блоки.
- 5 Охарактеризуйте скрайбирование и разрезание пластин на кристаллы, их особенности и область применения, параметры.
- 6 Проанализируйте методы скрайбирования, параметры, возможности и ограничения.
- 7 Охарактеризуйте лазерное скрайбирование пластин, особенности, возможности и ограничения.
- 8 Охарактеризуйте дисковую резку пластин, особенности, возможности и ограничения, основные параметры.
- 9 Объясните процесс разламывание пластин на кристаллы. Проанализируйте методы разламывания, возможности и ограничения, требования к качеству.
- 10 Охарактеризуйте установку ЭМ-220: объясните принцип работы.
- 11 Охарактеризуйте установку ЭМ-225: объясните принцип работы
- 12 Объясните двухстадийную технологию разделения пластин, особенности, требования.
- 13 Объясните одностадийную технологию разделения пластин, особенности, требования
- 14 Проанализируйте требования к качеству разделения, виды дефектов после скрайбирования, возможность устранения.
- 15 Охарактеризуйте комплекс для разделения пластин на кристаллы, состав комплекса, принцип действия.
- 16 Опишите принцип действия установок ЭМ-2008, ЭМ-2005, ЭМ-4018
- 17 Охарактеризуйте пайку, особенности процесса, возможности и ограничения, основные параметры.
- 18 Охарактеризуйте виды пайки, особенности, область применения.
- 19 Проанализируйте факторы, влияющие на процесс пайки, материалы для проведения пайки.
- 20 Проанализируйте контроль качества паяных соединений, требования к качеству.
- 21 Охарактеризуйте сварку, особенности процесса, возможности и ограничения, основные параметры.
- 22 Охарактеризуйте виды сварки, особенности, область применения.
- 23 Охарактеризуйте сварку давлением, возможности и ограничения, основные параметры.

24 Охарактеризуйте сварку плавлением, возможности и ограничения, основные параметры.

25 Проанализируйте контроль качества сварных соединений, требования к качеству

26 Охарактеризуйте склеивание, особенности процесса, возможности и ограничения, основные параметры

27 Охарактеризуйте клей и клеевые соединения, требования к материалам, клеевым соединениям.

28 Проанализируйте контроль качества клеевых соединений, требования к качеству, возможные дефекты.

29 Объясните роль монтажа в технологическом процессе сборки. Охарактеризуйте виды монтажа.

30 Охарактеризуйте монтаж кристаллов контактно-реактивной пайкой, возможности и ограничения, основные параметры.

31 Охарактеризуйте крепление кристаллов и подложек с помощью клея: возможности и ограничения, основные параметры.

32 Охарактеризуйте монтаж кристаллов эвтектической пайкой возможности и ограничения, основные параметры.

33 Охарактеризуйте монтаж кристаллов низкотемпературными припоями. возможности и ограничения, основные параметры.

34 Охарактеризуйте монтаж кристаллов высокотемпературной пайкой стеклом, возможности и ограничения, основные параметры, требования к качеству.

35 Проанализируйте дефекты, возникающие при монтаже кристаллов, требования к качеству, причины возникновения, возможность устранения.

36 Охарактеризуйте инструмент для монтажа кристаллов, требования к инструменту, конструкции, материалам.

37 Охарактеризуйте основное оборудование для монтажа кристаллов, режимы работы, требования к оборудованию.

38 Охарактеризуйте установки ЭМ-4025, ЭМ-4025А: принцип работы, основные блоки и узлы.

39 Охарактеризуйте установку ЭМ-4085: принцип работы. основные блоки и узлы

Примерный перечень вопросов к экзамену

- 1 Охарактеризуйте технологический процесс сборки и монтажа ИМС, основные параметры, возможности и ограничения
- 2 Охарактеризуйте зондовый контроль электрических параметров полупроводниковых пластин, назначение.
- 3 Охарактеризуйте оборудования для проведения зондового контроля, принцип работы, основные узлы и блоки.
- 4 Охарактеризуйте скрайбирование и разрезание пластин на кристаллы, их особенности и область применения, параметры.
- 5 Проанализируйте методы скрайбирования, параметры, возможности и ограничения.
- 6 Охарактеризуйте лазерное скрайбирование пластин, особенности, возможности и ограничения.
- 7 Охарактеризуйте дисковую резку пластин, особенности, возможности и ограничения, основные параметры.
- 8 Объясните процесс разламывание пластин на кристаллы. Проанализируйте методы разламывания, возможности и ограничения, требования к качеству.
- 9 Охарактеризуйте установку ЭМ-220: объясните принцип работы.
- 10 Охарактеризуйте установку ЭМ-225: объясните принцип работы
- 11 Проанализируйте требования к качеству разделения, виды дефектов после скрайбирования, возможность устранения.
- 12 Охарактеризуйте комплекс для разделения пластин на кристаллы, состав комплекса, принцип действия.
- 13 Охарактеризуйте пайку, особенности процесса, возможности и ограничения, основные параметры.
- 14 Проанализируйте контроль качества паяных соединений, требования к качеству.
- 15 Охарактеризуйте сварку, особенности процесса, возможности и ограничения, основные параметры.
- 16 Охарактеризуйте виды сварки, особенности, область применения.
- 17 Охарактеризуйте склеивание, особенности процесса, возможности и ограничения, основные параметры
- 18 Объясните роль монтажа в технологическом процессе сборки. Охарактеризуйте виды монтажа.
- 19 Охарактеризуйте монтаж кристаллов контактно-реактивной пайкой, возможности и ограничения, основные параметры.
- 20 Охарактеризуйте крепление кристаллов и подложек с помощью клея: возможности и ограничения, основные параметры.
- 21 Охарактеризуйте монтаж кристаллов эвтектической пайкой, возможности и ограничения, основные параметры.
- 22 Охарактеризуйте монтаж кристаллов низкотемпературными припоями, возможности и ограничения, основные параметры.

23 Проанализируйте дефекты, возникающие при монтаже кристаллов, требования к качеству, причины возникновения, возможность устранения.

24 Охарактеризуйте инструмент для монтажа кристаллов, требования к инструменту, конструкции, материалам.

25 Охарактеризуйте основное оборудование для монтажа кристаллов, режимы работы, требования к оборудованию.

26 Охарактеризуйте метод автоматической сборки на ленте- носителе, возможности и ограничения, основные параметры.

27 Охарактеризуйте перспективное оборудование для монтажа кристаллов, принцип работы, основные узлы.

28 Проанализируйте методы беспроводного присоединения, достоинства и недостатки методов.

29 Проанализируйте термокомпрессионную сварку, параметры процесса, объясните классификацию ТКС.

30 Проанализируйте требования к качеству процесса ТКС, виды брака при ТКС, причины возникновения, возможности устранения.

31 Охарактеризуйте ультразвуковую сварку, параметры процесса УЗС, достоинства и недостатки.

32 Проанализируйте термозвуковую сварку, возможности и ограничения, основные параметры.

33 Охарактеризуйте процесс микроконтактной сварки, виды сварки, достоинства и недостатки.

34 Охарактеризуйте требования к процессу пайки электродных выводов, виды пайки, достоинства и недостатки, параметры.

35 Охарактеризуйте инструмент для присоединения выводов, требования к инструменту, конструкции, материалам.

36 Охарактеризуйте назначение, принцип работы, основные узлы и блоки установки ЭМ-4060.

37 Охарактеризуйте назначение, принцип работы, основные узлы и блоки установки ЭМ-4020 (А, Б)

38 Проанализируйте дефекты, возникающие при УЗС, требования к качеству, причины возникновения, возможность устранения.

39 Охарактеризуйте перспективное оборудование для присоединения выводов, принцип работы, основные узлы.

40 Проанализируйте процесс герметизации, технологию корпусной герметизации, возможности и ограничения, основные параметры.

41 Охарактеризуйте герметизацию электроконтактной и роликовой сваркой, достоинства и недостатки, возможности и ограничения, основные параметры.

42 Охарактеризуйте оборудование для герметизации. Поясните принцип работы.

43 Охарактеризуйте герметизацию лазерной сваркой, возможности и ограничения, основные параметры.

44 Охарактеризуйте герметизацию аргонодуговой и микроплазменной сваркой, возможности и ограничения, основные параметры.

45 Проанализируйте требования к качеству процесса, виды брака при корпусной герметизации, причины, возможности устранения.

46 Охарактеризуйте бескорпусную герметизацию, герметизацию пластмассами, стеклом, возможности и ограничения, основные параметры.

47 Проанализируйте требования к качеству процесса, виды брака при бескорпусной герметизации, причины возникновения, возможности устранения.

48 Охарактеризуйте оборудование для бескорпусной герметизации, основные системы и узлы. Поясните принцип работы.

49 Проанализируйте контроль герметичности корпусов, методы контроля, возможности и ограничения.

Перечень учебных изданий и информационно - аналитических материалов

1 Базовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем на кремнии. В 3т. Т 3 / О.Ю. Наливайко [и др.]. – Минск : Интегралполиграф, 2013

2 Горлов, М.И. Обеспечение и повышение надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем в процессе серийного производства / М.И. Горлов, Л.П. Андариев, О.Л. Бордюжа. - Минск, 1997.

3 Емельянов, В.А. Системы качества в микроэлектронике / В.А. Емельянов. Минск, 1997.

4 Емельянов, В.А. Технология микромонтажа интегральных микросхем / В.А. Емельянов; Под редакцией В.В.Баранова. – Минск : Бел. Наука, 2002

5 Камлюк, В.С. Технологическое оборудование для микроэлектроники / В.С.Камлюк, Д. В. Камлюк. – Минск : РИПО, 2014

6 Минскер, Ф.Е. Справочник сборщика микросхем / Ф.Е. Минскер. – М. : Высш.шк., 1992

7 Моряков, О.С.Сборка. Книга 9 / О.С. Моряков.-М. :Высш. школа, 1990

8 Технология изделий интегральной электроники : учебное пособие для студентов специальности «Проектирование и производство РЭС», «Электронно – оптические системы и технологии» / Л.П. Ануфриев [и др.]; под ред. А.П.Достанко и Л.И. Гурского. – Минск : Амалфея, 2010

9 Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства / А.П. Достанко [и др.]. – Минск: Высшая школа, 1998.